INGENIERÍA:

Innovación, ciencia y tecnología 4

Organizadores:
Denis Medina Guedes
Leonardo França da Silva
Victor Crespo de Oliveira

Atena Editora
Ano 2024

INGENIERÍA:

Innovación, ciencia y tecnología 4

Organizadores:
Denis Medina Guedes
Leonardo França da Silva
Victor Crespo de Oliveira

Atena Editora
Ano 2024

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA E ENGENHARIAS

Editora chefe
Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Editora executiva
Natalia Oliveira
Assistente editorial
Flávia Roberta Barão
Bibliotecária
Janaina Ramos
Projeto gráfico
Camila Alves de Cremo
Ellen Andressa Kubisty
Luiza Alves Batista
Nataly Evilin Gayde
Thamires Camili Gayde
Imagens da capa
iStock
Edição de arte
Luiza Alves Batista

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA E ENGENHARIAS

Ingeniería: innovación, ciencia y tecnologia 4

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Denis Medina Guedes
Leonardo França da Silva
Víctor Crespo de Oliveira

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

I46 Ingeniería: innovación, ciencia y tecnologia 4 / Organizadores Denis Medina Guedes, Leonardo França da Silva, Víctor Crespo de Oliveira. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2024

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-258-2273-0
DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.730240202

1. Ingeniería. I. Guedes, Denis Medina (Organizador). II. Silva, Leonardo França da (Organizador). III. Oliveira, Víctor Crespo de (Organizador). IV. Título.

CDD 620

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA E ENGENHARIAS

DECLARAÇÃO DA EDITORA

APRESENTAÇÃO

É com grande entusiasmo e dedicação que apresentamos a edição de «Ingeniería: Innovación, ciencia y tecnologia 4 “. Esta coleção se destaca pelo seu compromisso com a promoção do conhecimento e da inovação, por meio de uma abordagem interdisciplinar que reúne especialistas e estudiosos de diversas áreas do saber.

O principal objetivo desta obra é fomentar a discussão e a disseminação de avanços científicos e tecnológicos. Acreditamos firmemente que somente por meio da colaboração e integração de diversos campos de estudo podemos enfrentar os desafios da atualidade. Queremos expressar nosso sincero agradecimento a todos os autores que contribuíram com suas pesquisas e conhecimentos para a criação desta valiosa coleção. Reconhecemos a importância da divulgação científica e destacamos a Atena Editora como uma plataforma sólida para que os pesquisadores possam compartilhar seus conhecimentos de maneira eficaz.

Estamos comprometidos em promover uma maior conscientização sobre os avanços científicos e tecnológicos, bem como em oferecer soluções inovadoras para um futuro mais próspero e sustentável. Esperamos que esta coleção promova a interconexão entre os campos de pesquisa agrícola e contribua para um mundo com sistemas agrícolas mais eficientes e resilientes.

Agradecemos a todos por se unirem a nós nesta obra!

Boa leitura!

Denis Medina Guedes
Leonardo França da Silva
Víctor Crespo de Oliveira

SUMÁRIO

SUMÁRIO

APLICACIÓN DE TEORÍA DE COLAS: MEJORA DE LA ATENCIÓN AL CLIENTE EN UNA PYME COMERCIAL

Data de submissão: 08/12/2023 *Data de aceite: 01/02/2024*

Angélica Salas Montenegro
Docente del área de Ciencias Básicas en el TecNM Campus Santiago Papasquiaro.
Santiago Papasquiaro, Durango, México
https://orcid.org/0009-0007-1183-718

Blanca Guadalupe Pérez Valenzuela
Estudiante de Ingeniería Industrial en el TecNM Campus Santiago Papasquiaro.
Santiago Papasquiaro, Durango, México
https://orcid.org/0009-0001-6469-8538

Ángel Armando Vargas Reyes
Estudiante de Ingeniería Industrial en el TecNM Campus Santiago Papasquiaro.
Santiago Papasquiaro, Durango, México
https://orcid.org/0009-0003-6106-6062

RESUMEN: La investigación de operaciones, utiliza teorías que estudian el fenómeno de la teoría de colas, mismas que representan un problema en las organizaciones por la falta de equilibrio entre tiempos de espera y el costo del servicio. En el presente artículo, se aplica la estructura de la Teoría de Colas con el objetivo de identificar el nivel óptimo de la capacidad de un sistema que minimice el costo de espera, que evalúen las posibilidades de tener un balance entre tiempo de espera y de servicio, esto, abordará la problemática del desequilibrio de tiempos en una Pyme comercial dedicada a la venta de bienes de consumo. Es así, que, para el desarrollo de esta aplicación, se consideraron varios factores, (1) Muestreo en tiempos de espera y de servicio de los clientes en las cajas, (2) la capacidad de los cajeros, (3) análisis de situación encontrada y posibles soluciones mediante Pom Qm for Windows. En la fase uno se muestreó el tiempo de llegada y el tiempo de servicio del cliente. En la dos se mide la capacidad de los cajeros. La fase tres muestra el análisis de la teoría de colas con Pom Qm for Windows y en la última, se muestra una simulación, que propone una solución para cumplir con el objetivo de esta aplicación. Los resultados obtenidos, fueron determinados mediante tres factores de impacto que dan lugar a proponer un layout con una mejor logística, abrir un cajero más con especificaciones, donde los clientes estarían optimizando su tiempo de espera en fila en de 4.52 minutos a 1.41 minutos, en donde la capacidad de atención aumenta considerablemente.

PALABRAS CLAVE: Teoría de colas, costo de servicio, tiempo de espera.

APPLICATION OF QUEUING THEORY: IMPROVING CUSTOMER SERVICE IN A COMMERCIAL SME

ABSTRACT: Operations Research uses theories that study the phenomenon of queuing theory, which represents a problem in organizations due to the lack of balance between waiting times and the cost of service. In this article, the structure of queuing theory is applied with the objective of identifying the optimal level of capacity of a system that minimizes the waiting cost, evaluating the possibilities of having a balance between waiting time and service. This will address the problem of time imbalance in a commercial SME dedicated to the sale of consumer goods. Thus, for the development of this application, several factors were considered, (1) sampling of waiting and service times of customers at checkouts, (2) the capacity of cashiers, (3) situation analysis found through and possible solution alternatives Pom Qm for Windows. In phase one, the customer arrival time and service time were sampled. In phase two, the capacity of the ATMs is measured. Phase three shows the analysis of queuing theory with Pom Qm for Windows and in the last phase a simulation is shown that proposes a solution to meet the objective of this application. The results obtained were determined by three impact factors that lead to the proposal of a layout with better logistics, opening one more ATM with specifications where customers would optimize their waiting time in line from 4.52 minutes to 1.41 minutes, in which the attention span increases significantly.

KEYWORDS: Queuing theory, cost of service, waiting time.

1 I INTRODUCCIÓN

Las filas o colas son una constante en la vida cotidiana de las personas y lo cierto es que las colas constituyen algo desagradable que debe ser encarado de la mejor manera posible. En este artículo, se presenta la aplicación de la Teoría de Colas que es parte fundamental en la Investigación de Operaciones en el “Súper López” ubicado en Nuevo Ideal Durango, mismo que lleva aproximadamente cinco años de servicio ofreciendo bienes de consumo a los clientes de la región.

Se identifica una problemática de desequilibrio de tiempos tanto de espera como de servicio, es decir, el tiempo que el cliente espera en fila es mayor que el tiempo que dura el servicio, esto conlleva a generar un costo de espera significativo y una gran molestia en las personas dando como resultado poca clientela y por ende poca ganancia para la empresa. El análisis y la aplicación se realizan con el objetivo de mejorar la atención al cliente tomando en cuenta la capacidad del sistema y su minimización en la espera. Si bien, la teoría de colas es el estudio de las líneas de espera que trata de cuantificar el fenómeno de esperar formando colas, mediante medidas representativas de eficiencia (Taha, 2004, p. 579).

Por lo tanto, al realizar el análisis, se llegó a la conclusión de que el modelo que se aplica es M/M/s, siendo el número de servidores (S), la distribución del tiempo entre llegadas consecutivas (λ) y la distribución del tiempo de servicio (μ), además de la disciplina de la cola, la cual se caracteriza por ser FIFO.

Los factores que determinaron el desarrollo de la aplicación son el muestreo del comportamiento y los tiempos de espera y de servicio de los clientes en las cajas de la Pyme, realizando así una cronometría que segrego los datos base correspondientes a su utilización, la capacidad de los cajeros, un análisis de situación encontrada mediante la utilización de Pom Qm for Windows con la interpretación de indicadores de desempeño y la simulación para las posibles alternativas de solución, eligiendo la más óptima y factible, dicha solución se complementa con un mejoramiento en layout, haciendo así un ahorro de espacio para la implementación de la solución.

2 I OBJETIVOS DE LA APLICACIÓN

El planteamiento de objetivos es la parte fundamental de cualquier artículo y/o investigación, sirven al proceso de indagación y ayudan a evaluar sus resultados. Son el parámetro privilegiado a la hora de considerar la coherencia interna del artículo y, por ello, son centrales en la elaboración y revisión del texto. Los objetivos planteados para este artículo, se muestran enseguida, mismos que se cumplen cm sigue:

- Prestar atención al tiempo de permanencia en el sistema o en la cola de espera.
- Establecer un balance equilibrado ("óptimo") entre las consideraciones los tiempos de espera y los tiempos de servicio.
- Identificar el nivel óptimo de capacidad del sistema que minimiza el costo del mismo.
- Simular y evaluar el impacto que las posibles alternativas de modificación de la capacidad del sistema que tendrían en el costo total del mismo.

3 I MARCO REFERENCIAL

3.1 La Empresa

El Súper López ubicado en el municipio de Nuevo Ideal que se encuentra al Noroeste del Estado de Durango, México, ofrece sus servicios aproximadamente hace se seis años, la venta de bienes de consumo a sus clientes consolidados y a los posibles compradores es su mayor actividad. El súper cuenta actualmente con dos cajas de cobro, dos personas que operan en las cajas y una persona más que realiza actividades de limpieza, carga y descarga de mercancía.

3.2 Marco teórico y conceptual

Para este artículo se utiliza el aporte de las herramientas descritas:

3.2.1 Sistema o teoría de colas

En la actualidad es común que debamos esperar para recibir algún servicio, en los restaurantes, en los bancos, en los cajeros, en la atención médica, etc., muchas empresas que se dedican a vender productos o servicios, tienen un elemento en común y es la necesidad que el cliente espera por ellos, es por eso que hoy día se ha implementado como una estrategia importante la forma rápida y eficiente de realizar esta operación y se ha constituido en un medio competitivo para ganar clientes, la teoría de colas es el estudio de la espera de carácter aleatorio de los fenómenos de colas, este análisis es el cálculo de probabilidades, constituyéndose en un modelo matemático llamado proceso estocástico donde una o varias magnitudes varían en forma aleatoria en función de la unidad de tiempo.

3.2.2 Elementos de un modelo de colas

Las líneas de espera están formadas por un cliente que requiere de un servicio, que es proporcionado por un servidor en un determinado periodo. Según Taha (2012) en su libro investigación de operaciones dice que "Los clientes llegan a una instalación (servicio) desde de una fuente. Al llegar, un cliente puede ser atendido de inmediato o esperar en una cola si la instalación está ocupada. Cuando una instalación completa un servicio, "jala" de forma automática a un cliente que está esperando en la cola, si lo hay. Si la cola está vacía, la instalación se vuelve ociosa hasta que llega un nuevo cliente. Desde el punto de vista del análisis de colas, la llegada de los clientes está representada por el tiempo entre llegadas (tiempo entre llegadas sucesivas), y el servicio se mide por el tiempo de servicio por cliente" (p.595).

Las líneas de espera son modelos para solucionar o hacer menos tediosa la espera cuando llegamos para recibir un servicio y el momento de abandonar el mismo, con el objetivo de determinar el tiempo minino de espera en la fila y también determinar la cantidad de servidores que requiere la empresa para atender el flujo de usuarios diarios. Como vemos, es una gran herramienta para mejorar procesos en las empresas, obtener mayor competitividad y agilidad en la atención. Hoy es usado en muchas empresas, que ven una oportunidad de crecer y con el aumento de la productividad de sus trabajadores, suprimieron el tiempo en procesos viciados e ineficientes, es una alternativa o mejor una herramienta para mejorar. Proceso básico de colas:

- Colas: los clientes ingresan al sistema y se unen a la fila para recibir su servicio y luego sale del sistema.
- Fuente de entrada: hace referencia al tamaño, comprende el número de usuarios que necesiten el servicio.
- Cliente: son todos los usuarios que requieran acceder a dicho
- Capacidad de la cola: se dice que puede ser finita o infinita en el servicio.

- Disciplina de la cola: es la forma en que se reciben los usuarios para ser atendidos, aquí tenemos algunos ejemplos claros de cómo hacer esta selección.
- FIFO (first in first out): primero en entrar, primero en salir, según la cual se atiende de primero al cliente que antes haya llegado. o Calidad en el servicio.

Este término ha sido expresado por muchos autores de los cuales quiero mencionar el referente expresado por Denove C. y James D. (2006) que afirman: "esta época de globalización y competitividad exige un enfoque hacia el servicio. El cliente tiene para la compañía un valor no solo en el momento de la compra sino a largo plazo, y para mantenerlo es necesario recurrir a todas las herramientas, el tesón y el ingenio posible". Los autores Hillier, S. y Lieberman (2010) que describen: "vivimos en el mundo del servicio, donde las organizaciones deben realizar más que producir y los productos físicos se diferencian por la calidad del servicio inherente a ellos más que por sus atributos". Los autores afirman que la gerencia del servicio muestra cómo se puede convertir una organización que este dentro de cualquier actividad en una organización orientada hacia el cliente y dirigido hacia el servicio.

3.2.3 Pom Qm for Windows

Es un programa para la gestión de operaciones, métodos cuantitativos y la investigación de operaciones. Una de sus grandes ventajas es que hace complemento con algunos otros como Solver para problemas de transporte, pronósticos, manejo de inventario, balances de línea de espera, etc.

3.2.4 Satisfacción al cliente

Hay muchos autores que hablan del tema, mencionaré uno que hace referencia al vínculo económico, la satisfacción del cliente y los beneficios, donde expresa que "Aunque hoy día la mayoría de las empresas proclaman que la satisfacción y el servicio al cliente se encuentran entre sus prioridades, la realidad a la que se enfrentan este último (Contestadores automáticos, largas colas de espera etc.) confirman más bien lo contrario. Ello suele deberse a que, para muchas de esas promesas, el vínculo entre unos niveles altos de satisfacción del consumidor y los beneficios generales permanecen poco claros. Como resultado, la mayoría de las empresas no se comprometen firme con sus clientes". Se pretende que esta entidad pueda buscar soluciones de mejora para tener clientes satisfechos que han recibido un servicio con buena calidad, pero esto depende también de las expectativas que el cliente tenga o espere del servicio prestado, un cliente satisfecho es un cliente que indica que el servicio se ha prestado con calidad, que es lo que realmente buscamos cuando nos acercamos a una entidad para ser atendidos, hoy tenemos mayores oportunidades de buscar un mejor servicio en la atención.

En cuanto a la "Teoría de Colas" o "Teoría de líneas de espera", esta puede ser

utilizada tanto en empresas de servicios como en empresas manufactureras, por el hecho de que se relaciona la llegada de los clientes con el sistema mismo, es decir, como se procesa la tarea y posteriormente como esta sale. Es preciso decir que lo fundamental en las líneas de espera es que no son una condición fija de un sistema productivo, sino que la administración del servicio o el diseño del sistema en el cual se encuentra la fila, se puede controlar (Chase, Jacobs & Aquilano, 2009).

4 I SITUACIÓN ENCONTRADA

En primera instancia se realizó un muestreo durante las horas pico (13:00 – 15:00 hrs) en que más afluencia de clientes existe en el Super en cinco días consecutivos (lunes – viernes), el muestreo se efectuó mediante la observación de los tiempos de llegada y los tiempos de servicio de los clientes, con la finalidad de obtener la tasa de llegada por hora (λ = lambda) y la tasa de servicio por hora (μ = mu), sabiendo que como son dos cajas, se cuenta con dos servidores (S = servidores). A los clientes se les atiende siguiendo un orden tipo FIFO.

Enseguida se muestran las tablas de una parte del muestreo que se realizó de cada día mencionado. Cabe mencionar que la diferencia de tiempos está dada en segundos.

Día UNO		Día DOS		
Entrada	Servicio	Entrada	Salida	Duración
12:58	60	12:57	01:01	232
12:59	60	01:02	01:02	46
01:00	60	01:11	01:13	122
01:02	34	01:13	01:14	53
01:04	38	01:15	01:16	44
01:05	54	01:16	01:23	436
01:06	20	01:24	01:28	232
01:07	40	01:28	01:30	140
01:07	35	01:30	01:33	160
01:07	300	01:33	01:34	36
01:14	20	01:34	01:35	82
01:14	143	01:35	01:36	23
01:16	12	01:36	01:44	480
01:17	19	01:45	01:48	120

Tabla 1. Muestreo del día uno y dos.

Fuente: Elaboración propia.

Día TRES		Día CUATRO		
Entrada	Servicio	Entrada	Salida	Duración
01:17	29	01:53	01:55	157
01:19	17	01:57	01:58	29
01:20	14	01:58	01:59	36
01:21	93	02:02	02:04	71
01:23	38	02:06	02:07	43
01:23	155	02:11	02:11	32
01:26	120	02:15	02:16	23
01:28	29	02:16	02:17	30
01:28	35	02:17	02:18	42
01:29	25	02:18	02:18	17
01:30	28	02:19	02:20	46
01:30	31	02:20	02:20	21
01:31	24	02:22	02:23	23
01:31	16	02:23	02:25	114

Tabla 2. Muestreo del día tres y cuatro.

Fuente: Elaboración propia.

Día CINCO				
Entrada	Servicio	Entrada	Salida	Duración
01:34	65	02:25	02:26	15
01:36	38	02:26	02:28	108
01:36	36	02:28	02:29	57
01:37	18	02:29	02:30	13
01:38	37	02:32	02:36	268
01:38	10	02:36	02:38	125
01:39	15	02:38	02:40	61
01:40	57	02:40	02:41	52
01:41	27	02:46	02:46	28
01:41	17	02:46	02:48	100
01:44	41	02:48	02:49	30
01:44	37	02:51	02:54	126

Tabla 3. Muestreo día cinco.

Fuente: Elaboración propia.

Después del muestreo correspondiente, se obtuvieron las siguientes tasas de llegada y de servicio promedio por hora.

- Número de servidores S= 2
- Tasa de llegada λ = 83 personas por hora.
- Tasa de servicio µ = 47 personas por hora.

Enseguida y mediante el análisis de la situación encontrada, se analizan los indicadores de desempeño mediante el software Pom Qm for Windows, mostrados en la siguiente figura:

Cost analysis
No costs
Use Costs

Time unit (arrival, service rate)
hours

Instruction
There are more results available in

Waiting Lines Results

(untitled) Solution

Parameter	Value	Parameter	Value	Minutes	Seconds
M/M/s		Average server utilization	.88		
Arrival rate(lambda)	83	Average number in the queue(Lq)	6.25		
Service rate(mu)	47	Average number in the system(L)	8.01		
Number of servers	2	Average time in the queue(Wq)	.08	4.52	271.02
		Average time in the system(W)	.1	5.79	347.61

Imagen 1. Indicadores de desempeño

Fuente: Elaboración propia, en programa Pom Qm for Windows

donde:

- Durante el horario de servicio de las cajas por día, su utilización es en promedio

de un 88%.

- El número promedio de personas esperando en la fila a ser atendidas es de 6.25 ≈ 7 personas.
- El número promedio de personas en el sistema, ya sea esperando en la fila o siendo atendidas es de 8.01 ≈ 9 personas.
- El tiempo promedio que una persona espera en la fila para ser atendido es de 4.52 minutos aproximadamente.
- El tiempo promedio que una persona pasa en el sistema, ya sea esperando en la fila o siendo atendidas es de 5.79 minutos aproximadamente.

En este análisis se puede observar que el tiempo que pasa una persona en la fila de espera es de 4.52 minutos, mientras que, en todo el sistema, es decir, en el "Super López" desde que llega hasta que sale tarda 5.79 minutos, por lo tanto, esto nos arroja que el tiempo promedio que dura la atención al cliente es de 1.27 minutos, es aquí donde se analiza que el tiempo de espera en la fila es excesivo en el proceso nacimiento – muerte de cada cliente.

También, se identifica que la logística del "Super López" no es la adecuada, puesto que el espacio de la atención al cliente (cajas) está muy reducido y en el espacio donde se encuentra la mercancía se encuentra espacio sobrante, la imagen que en seguida se muestra, presenta la logística y el espacio del lugar.

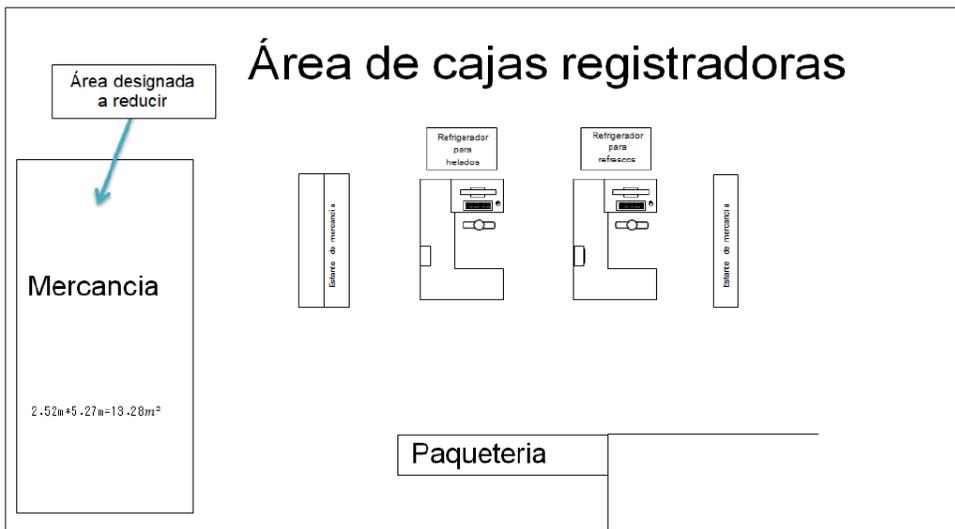



Imagen 2. Layout actual.

Fuente: Elaboración propia, en programa AutoCad versión 2023

Es así como mediante el estudio de la situación se determinaron tres factores de impacto que marcaron la pauta para encontrar una solución más óptima y factible.

i. la logística de la Pyme no es la adecuada;

ii. los cajeros existentes no son suficientes para los clientes, y

iii. la espera del cliente que lleva pocos productos, es la misma espera que hace un cliente que lleva más de diez productos.

5 I RESULTADOS

Después de considerar la situación anterior mencionada, los indicadores de desempeño y sobre todo los factores de impacto identificados, se proponen tres opciones que llevarán a un equilibrio de tiempos de espera y de servicio para los clientes.

i. un layout con una logística mejorada, con el cual se ahorran $8.31m^2$ de espacio,

ii. se plantea abrir un cajero más, con especificaciones para clientes que lleven diez productos o menos, por lo tanto, aumentaría un servidor más con el espacio que se ahorró inicialmente, y que sea específicamente para clientes que lleven diez o menos productos.

Se muestra enseguida la imagen del layout propuesto con una logística de espacio mejorada, donde se observa la posición del tercer servidor con las especificaciones antes mencionadas y un ahorro de área de mercancía.

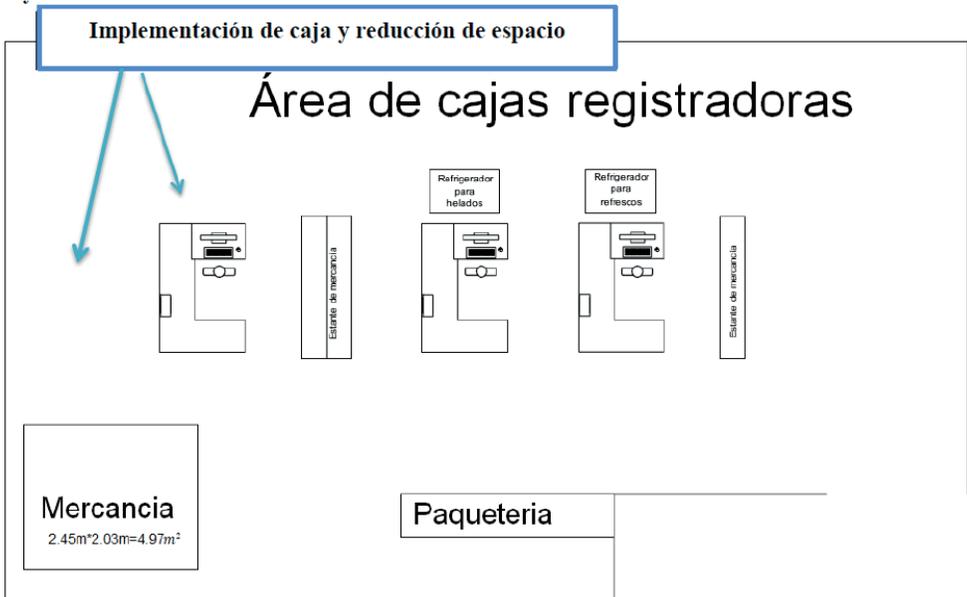



Imagen 3. Layout con logística mejorada y un tercer servidor.

Fuente: Elaboración propia, en programa AutoCad versión 2023

También mediante el software Pom Qm for Windows se realizó una simulación de datos con un tercer servidor S = 3, la misma tasa de llegada y la misma tasa de servicio, los

indicadores arrojan lo siguiente:

Cost analysis: (•) No costs ( ) Use Costs — Time unit (arrival, service rate): hours — Instruction: There are more results

Waiting Lines Results

(untitled) Solution

Parameter	Value	Parameter	Value	Minutes	Seconds
M/M/s		Average server utilization	.76		
Arrival rate(lambda)	80	Average number in the queue(Lq)	1.88		
Service rate(mu)	35	Average number in the system(L)	4.16		
Number of servers	3	Average time in the queue(Wq)	.02	1.41	84.43
		Average time in the system(W)	.05	3.12	187.29

Imagen 4. Mejora de Indicadores de desempeño

Fuente: Elaboración propia, en programa Pom Qm for Windows

donde:

- Durante el horario de servicio de las cajas por día, su utilización es en promedio de un 76%.
- El número promedio de personas esperando en la fila a ser atendidas es de 1.88 ≈ 2 personas.
- El número promedio de personas en el sistema, ya sea esperando en la fila o siendo atendidas es de 4.16 ≈ 5 personas.
- El tiempo promedio que una persona espera en la fila para ser atendido es de 1.41 minutos aproximadamente.
- El tiempo promedio que una persona pasa en el sistema, ya sea esperando en la fila o siendo atendidas es de 3.12 minutos aproximadamente.

Analizando los nuevos datos se puede observar que el tiempo que pasa una persona en la fila de espera es de 1.41 minutos, mientras que, en todo el sistema, es decir, en el "Super López" desde que llega hasta que sale tarda 3.12 minutos, por lo tanto, esto nos arroja que el tiempo promedio que dura la atención al cliente es de 1.71 minutos, mostrando así, un equilibrio entre el tiempo de espera en la fila y el tiempo que tarda el servicio al cliente. La implementación de un cajero con especificaciones a diez productos aumenta la capacidad de servicio al cliente en un 25% aproximadamente.

AUTORIZACIÓN / RECONOCIMIENTOS

En este apartado me es placentero agradecer a quienes dieron su apertura, autorización y apoyo para la elaboración de este artículo.

Agradecer al TecNM por brindar las herramientas y capacitaciones académicas

necesarias, así como por el exhorto continuo de llevar a la práctica real los conocimientos teóricos en los estudiantes.

También, de manera especial agradecer enormemente al TecNM Campus Santiago Papasquiaro de quien recibí todo el apoyo y acompañamiento durante la elaboración, presentación y publicación del artículo, agradecer por la gestión sustancial para que esto fuera posible.

Finalmente, pero no menos importante externar nuestro agradecimiento al "Super López" que nos brindó la confianza para llevar a cabo el análisis y la aplicación necesaria, solventando la problemática presentada.

REFERENCIAS

Chase, et al, (2009) **Administración de Operaciones producción y cadena de suministros** (8va edición), México, Mc Graw Hill.

Denove, Chris y James D. Power (2006) **La satisfacción del cliente**, Editorial portafolio. EAU business shool, (06/12/2023) "mapa de procesos". Recuperado el 06 de diciembre de 2023, de: https://retos-operaciones-logistica.eae.es/tipos-definicion-y-desarrollo-de-un mapa-deprocesos/

Hillier, S. y Lieberman, G. (2010) Teoría de colas. **En Introducción a la Investigación de Operaciones**. México: McGraw-Hill/Inter Americana Editores.

Taha, Hamd A. (2004) **Investigación de Operaciones**. (7ma ed.) México: Pearson/Educación de México.

Taha, Hamd A. (2012) **Investigación de operaciones**, México, Editorial Pearson.

Pom Qm for Windows versión estudiantil, Pearson. Recuperado, de: http://www.pomqmforwindows.software.incormer.com

ANÁLISIS DE DATOS SOBRE LA TASA DE ABANDONO EN TELECOMUNICACIONES UN PROYECTO DE VINCULACIÓN PROFESIONAL EVALUADO CON RÚBRICAS ANALÍTICAS

Data de submissão: 04/12/2023 *Data de aceite: 01/02/2024*

Marcelo Dante Caiafa
Universidad Nacional de La Matanza
Departamento de ingeniería e Investigaciones Tecnológicas
Buenos Aires, Argentina
https://orcid.org/0000-0002-6730-2041

Ariel Rodrigo Aurelio
Universidad Nacional de La Matanza
Departamento de ingeniería e Investigaciones Tecnológicas
Buenos Aires, Argentina
https://orcid.org/0000-0003-3741-5296

Alejandro Bevilacqua
Universidad Nacional de La Matanza
Departamento de ingeniería e Investigaciones Tecnológicas
Buenos Aires, Argentina
https://orcid.org/0009-0002-8213-6077

RESUMEN: La vinculación profesional entre la universidad y la industria es objetivo de nuestra labor académica. Es interés del trabajo registrar un proyecto de articulación basado en el análisis de datos de servicios de telecomunicaciones. El desempeño de los estudiantes de ingeniería que lo implementan se evalúa a partir de rúbricas analíticas elaboradas para este caso. Los procesos de transformación digital originan profundos cambios, entre otros en la generación de bienes y servicios. En este contexto la obtención de información relevante a partir de datos disponibles resulta un aporte de valor para las organizaciones. El proyecto se basa en un estudio exploratorio de datos reales, que utiliza como herramienta la plataforma Python y sus diferentes librerías, para construir un perfil de cliente con alto potencial de abandono en los servicios de telecomunicaciones. Se pretende contribuir al fomento de actividades que integren la academia con la industria y el valor de la aplicación de nuevas herramientas puedan aportar a estudiantes y docentes.

PALABRAS CLAVE: análisis de datos, tasa de abandono, rúbricas analíticas.

ABSTRACT: The professional link between the university and the industry is the objective of our academic work. It is the interest of the work to register an articulation project based on the analysis of data from telecommunications services. The performance of the engineering students who implement it is evaluated using analytical rubrics developed for this case. Digital transformation processes cause

profound changes, among others in the generation of goods and services. In this context, obtaining relevant information from available data is a valuable contribution to organizations. The project is based on an exploratory study of real data, which uses the Python platform and its different libraries as a tool, to build a customer profile with high potential for abandonment in telecommunications services. The aim is to contribute to the promotion of activities that integrate academia with industry and the value the application of new tools can provide to students and teachers.
KEYWORDS: data analysis, churn, analytical rubrics

INTRODUCCIÓN

La transformación digital está generando en las últimas décadas profundos cambios en la forma de producir y comercializar bienes y servicios [1]. En este contexto la gestión de la información permite que las organizaciones mejoren sus procesos, "los datos son la nueva moneda que sustenta cambios fundamentales en la cuarta revolución industrial" [2]. Una cultura organizacional orientada en datos dispone de ventajas en la toma de decisiones porque se basa en evidencias [3].

Algunos estudios [4] indican que las organizaciones con enfoque basado en datos mejoran su productividad y rentabilidad. Según consultoras internacionales [5] el tamaño del mercado global de analítica de datos representó USD 31,800 millones para 2021 y estiman alcance los USD 329,800 millones en 2030. Eso registraría una tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR) del 29,9% en ese período.

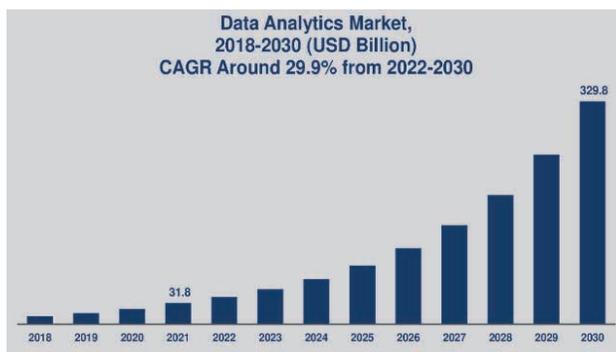



Figura 1. Mercado de Analítica de Datos

Fuente: Acumen R&C, 2021

EL VALOR DEL ANÁLISIS DE DATOS

Se puede definir el análisis de datos como un proceso multidisciplinario que gestiona datos con el propósito de generar información para mejorar la toma de decisiones [6]. Tukey definió el análisis de datos como "los procedimientos y técnicas para interpretar resultados, formas de planificar la recopilación de datos para hacer su análisis más sencillo

y preciso” [7]. Actualmente se clasifican diferentes tipos de analítica:

a) Analítica descriptiva: ilustra los datos de los resultados recopilados durante un intervalo de tiempo.

b) Analítica de diagnóstico: busca la causa raíz de un problema.

c) Analítica predictiva: utiliza datos pasados para realizar pronósticos.

d) Analítica prescriptiva: está dedicada a encontrar la solución más adecuada.

Si bien existen diferentes modelos de madurez analítica, en el siguiente gráfico se ordenan los distintos tipos de análisis. Estos se pueden considerar como etapas correlativas del mismo proyecto, que a medida que avanza nivel de complejidad incrementa el valor del aporte [8].

Figura 2. Modelo de madurez analítica

Fuente: Gartner, 2012.

Aunque no existe completo consenso sobre el modelo, resulta útil asociarlo a diferentes tipos de preguntas para ayudar a centrar los esfuerzos analíticos. [9]

ALCANCE DEL PROYECTO

El alcance del presente proyecto queda enmarcado dentro de la instancia inicial del modelo de madurez analítico, es decir que se trata de un análisis descriptivo que genera información a partir del estudio de un marco de datos históricos reales y concretos.

ROLES Y PERFILES EN EL EQUIPO DE TRABAJO

Para identificar las habilidades a desarrollar en el proyecto se parte de las definiciones genéricas de responsabilidades de los distintos roles desempeñados en un equipo de trabajo para este tipo de proyectos. Algunos autores [10] indican que entre los

perfiles requeridos por el mercado laboral están:

- Analista de datos, ejecuta análisis estadísticos de diversas fuentes de información.
- Científico de datos, aplica matemáticas, estadística y programación para explorar, examinar y graficar datos.
- Gerente de datos (Chief Data Officer), es el ejecutivo responsable final de toda la gestión de datos y sus políticas de privacidad.
- Ingeniero de datos, es responsable de probar, implementar y mantener la infraestructura de datos y sus repositorios.
- Arquitecto de datos, es quien define, diseña y supervisa la implementación de los sistemas subyacentes que se utilizan.
- Traductor de datos, es un rol emergente que enlaza con las unidades de negocio relevando necesidades, validando requerimientos y comunicando resultados.

ETAPAS DEL PROYECTO

El estudio está basado en la articulación del mundo académico-profesional. Se enfoca en un proyecto de análisis exploratorio de datos de servicios de telecomunicaciones. En la planificación del proyecto se toman como referencia las recomendaciones de diferentes autores [11], [12]. Si bien un autor citado [13] avanza en detalle para lenguaje R, el presente trabajo fue realizado en Python y sus librerías (Pandas, Numpy y Matplotlib).

Para facilitar la valoración y el seguimiento del desarrollo de competencias profesionales el análisis de datos se agrupó en tres etapas [14] que están identificadas como A, B, C respectivamente en las rúbricas.

Etapa de Relevamiento de datos: interpretación del contexto, especificación del objetivo y validación de requerimientos.

Etapa de Tratamiento de datos: colección de datos, limpieza de datos, identificación de variables, construcción de diccionario de datos, análisis de relaciones entre variables, descripción estadística de datos.

Etapa de Presentación: visualización de la información, sumarización de observaciones y exposición de resultados.

Una característica del EDA (Exploratory Data Análysis) es que se centra más en el proceso que en la teoría. Se puede aprender un puñado de técnicas de análisis de nivel de entrada (estadísticas descriptivas, correlaciones y visualizaciones básicas) en una cantidad de tiempo de algunas semanas [15]. Esto combinado con la curva de aprendizaje de un lenguaje interpretativo de alto nivel como Python resultó indicado para este proyecto.

PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Un relevamiento del CIECTI (Centro Interdisciplinario de Estudios en Ciencia, Tecnología e Innovación) revela cierta desconexión entre la producción académica y los desarrollos de empresas locales [16].

Algunos autores [17] dentro de su propuesta de enseñanza-aprendizaje incorporan como estrategia y métodos de evaluación en la enseñanza de ingeniería de software, la ejecución de proyectos universidad-empresa. La definición de ciencia multidisciplinaria, la diversidad de perfiles y los distintos roles de los integrantes de un equipo de análisis de datos supone que será necesario el desarrollo de distintos tipos de habilidades.

Como caso de estudio concreto se consideran los datos históricos de un conjunto de clientes de servicios de telecomunicaciones, debidamente organizados y tratados en bloque, para definir un perfil de cliente con alta probabilidad de solicitud de baja de servicio.

De allí que las preguntas de investigación que guían el trabajo son:

- ¿Cómo desarrollar un proyecto de análisis de datos de servicios de telecomunicaciones con estudiantes de ingeniería que los vincule con la industria?
- ¿Cuáles son las competencias profesionales, habilidades técnicas y genéricas, que requiere un ingeniero que se desempeña en proyectos de análisis de datos y cómo pueden ser evaluadas?

OBJETIVOS DEL TRABAJO

El objetivo general de la investigación apunta a la ejecución de un análisis de datos que permita identificar los clientes propensos al abandono del servicio de telecomunicaciones a partir de la recopilación de datos históricos y el desarrollo de las competencias profesionales puestas en práctica por estudiantes de ingeniería en su implementación.

En este marco los objetivos específicos del estudio son:

1. Colectar, limpiar e interpretar datos históricos de clientes de servicios de telecomunicaciones.
2. Caracterizar los clientes que abandonan y los que permanecen con el servicio.
3. Determinar las variables de mayor incidencia en el grupo de clientes que cancela el servicio
4. Elaborar las rúbricas analíticas para la evaluación de competencias profesionales en análisis de datos.

Se pretende aportar valor a la formación del perfil del profesional que trabaja en el sector TIC (tecnología informática y comunicaciones) destacando las habilidades necesarias para lograr un eficiente desempeño en la exploración de datos. Este tipo de proyectos no tratan sólo de implementación de infraestructura tecnológica sino que, por su naturaleza e impacto son estratégicos para soportar la toma de decisiones basada en evidencia [18].

RÚBRICAS ANALÍTICAS

El resultado final pretende aportar un caso concreto de vinculación académica evaluado a partir de la utilización de rúbricas analíticas. Una rúbrica es un instrumento cuya principal finalidad es compartir los criterios de realización de las tareas de aprendizaje y de evaluación con los estudiantes y entre el profesorado. La rúbrica, como guía u hoja de ruta de las tareas, muestra las expectativas que estudiantes y docentes comparten sobre distintas actividades, organizadas en diferentes niveles de desempeño [19].

La evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje requiere, además de la asimilación de conocimientos, el desarrollo de habilidades necesarias para resolver problemas en contextos reales. Según algunos autores [20], una habilidad es la capacidad de utilizar recursos necesarios para responder efectivamente a una situación compleja en un contexto específico.

Si bien existen distintos enfoques, se siguen las definiciones de algunos autores que clasifican las habilidades en dos enfoques: tipo técnico (conocimientos) o interpersonales (actitudes sociales) [21], así el perfil del ingeniero está conformado por competencias técnicas y competencias genéricas [22].

COMPETENCIAS PROFESIONALES

Las competencias técnicas específicas suelen ser referenciadas como habilidades duras. Son las requeridas para el desempeño de una ocupación en concreto. Están relacionadas con funciones o puestos de trabajo en particular. Aportan al estudiante los conocimientos, actitudes, habilidades y valores propios de cada profesión y actividad laboral.

Por otro lado, están las habilidades genéricas también llamadas habilidades blandas. En ingeniería de software se pueden identificar a partir de un modelo semántico que especifica el marco de trabajo para su evaluación. Este entorno de tareas se basa en el hecho que el estudiante tiene un perfil de habilidades por desarrollar y para cada una define un conjunto de hitos a alcanzar [23].

RELEVANCIA DEL ABANDONO DE SERVICIO

La tasa de abandono de servicio, también conocida por la palabra en inglés churn, se utiliza en la industria como un indicador para validar el modelo de negocio. Un valor inferior a la media representa un servicio que responde favorablemente a las necesidades del cliente, mientras que un valor mayor al promedio indica insatisfacción.

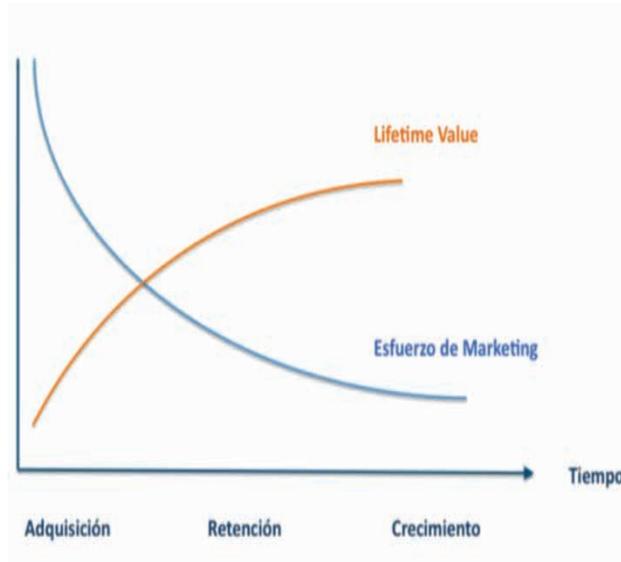



Figura 3. Valor de vida del cliente

Fuente: Bejou, D., (2006).

La figura anterior representa la evolución del valor de la vida del cliente y la inversión de marketing en función del tiempo. Esto permite distinguir tres etapas de adquisición, retención y crecimiento de clientes. El valor de la vida del cliente crece a medida que el tiempo transcurre y se logra evitar el abandono. La tasa de cancelación de servicio tiene impacto directo en la disminución de la facturación, la reducción de la rentabilidad y la pérdida de ingresos por ventas cruzadas, entre otros.

Los esfuerzos de marketing en la reducción de la tasa de cancelación resultan en inversiones en programas de fidelización, en mejoras en la calidad del servicio, en la atención al cliente, etc.

Según algunos autores [24], el costo de adquirir un nuevo cliente es como mínimo cinco veces más alto que el de evitar su cancelación en la etapa de adquisición, aunque esto varía en función del tipo de industria, el tipo de servicio, los precios relativos de mercado, etc.

DESARROLLO DEL PROYECTO

El desarrollo del proyecto de investigación se estructura en cinco instancias ejecutadas en forma secuencial.

En la primera instancia se realizaron las tareas de selección de la herramienta de software y la elaboración de las rúbricas.

En la segunda instancia, que corresponde a la etapa de relevamiento de datos, se

estudia el contexto, se validan los requerimientos, y se definen los indicadores.

La tercera instancia corresponde al tratamiento de los datos. Con los datos obtenidos se identifican las variables, se realiza un diccionario de datos, se limpian, se ordenan y se ejecuta el análisis estadístico.

En la instancia cuatro se ejecutan las operaciones vinculadas con la presentación de resultados. Se construye la matriz de correlación para identificar las variables relevantes y son validadas con el mapa de calor. También se elaboran los gráficos para la presentación de los informes.

La última instancia es para el análisis final del proyecto la elaboración de conclusiones y propuestas de futuros trabajos.

SELECCIÓN DE LA HERRAMIENTA DE SOFTWARE

Inicialmente se analizaron diversas opciones como R, ELK, PowerBI. Se definió la utilización de Python como lenguaje de programación por ser la más adecuada por sus características. Entre otras tenemos un lenguaje interpretado, de alto nivel, de tipado dinámico, multiplataforma, de código abierto, orientado a objeto, su gran comunidad, diversidad de librerías, entre otras [25].:

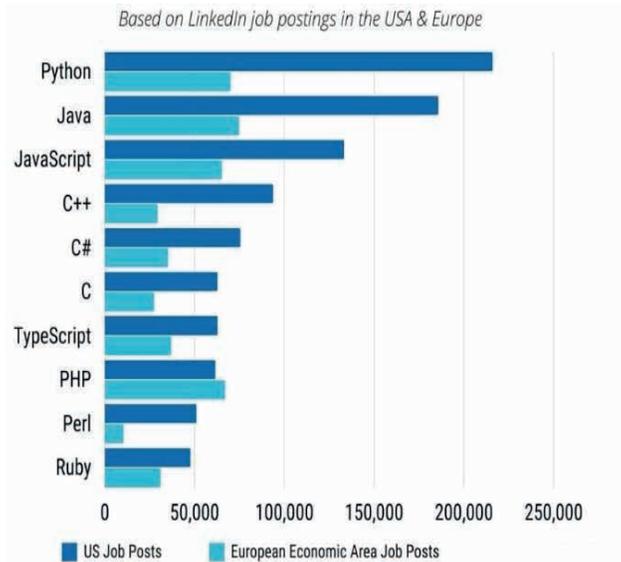



Figura 3. Lenguajes de programación más requeridos

Fuente: Linkedin, 2022.

Otra de las razones que motivó la decisión de utilizar Python como lenguaje es su gran demanda en las ofertas de empleo en USA y EU que registra Linkedin y se muestra en el gráfico anterior [26].

En esta primera instancia, a partir de las recomendaciones del CONFEDI (Consejo Federal de Decanos de Ingeniería) [27] y otras, se confeccionaron las rúbricas para el seguimiento y evaluación del desarrollo de catorce competencias de parte de los estudiantes durante el proceso. Se adjuntan en hoja separada.

ETAPA DE RELEVAMIENTO DE DATOS

En esta instancia se estudió el contexto de la problemática a resolver y su impacto. Es decir que se indagó sobre el valor que aportaría la solución buscada. Esto significó estudiar la relación entre el ciclo de vida del cliente y la tasa de abandono. Además se profundizó sobre los costos relacionados con la retención de un cliente existente vs los costos de captación de uno nuevo, distintas estrategias de fidelización y venta cruzada, etc.

Se colectaron los datos y se procedió a un primer acercamiento en un análisis preliminar según las mejores prácticas [28].

ETAPA DE TRATAMIENTO DE DATOS

Aquí se realizan distintas manipulaciones del conjunto de datos. Primero se consolida el tipo de dato por cada variable. Se detectan datos faltantes y outliers, se ordenan y consolidan para un posterior análisis estadístico y se mapean variables categóricas a variables numéricas para facilitar su procesamiento.

Luego se eliminan datos nulos e inconsistentes. Estas tareas se ejecutan con librería Pandas y Numpy, según las buenas prácticas [29].

La base de los datos históricos sobre los que se trabajó responde a la siguiente estructura: donde los datos del usuario quedan representados a partir de las variables listadas

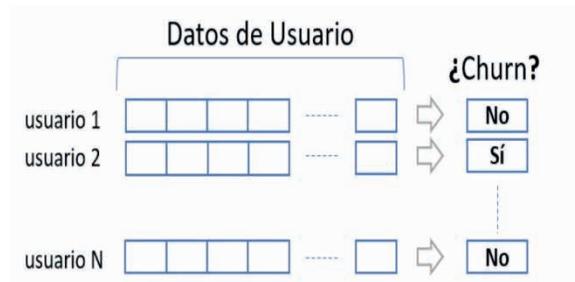



Figura 4. Estructura del conjunto de datos

Se ordenan las variables, se renombran algunas y otras se redefinen a partir de los indicadores. Se elabora el diccionario de datos del usuario que quedan representados a partir de las 19 variables listadas a continuación:

```
<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
RangeIndex: 6818 entries, 0 to 6817
Data columns (total 19 columns):
 #   Column             Non-Null Count  Dtype
---  ------             --------------  -----
 0   Genero             6818 non-null   object
 1   Jubilado           6818 non-null   object
 2   CargaFlia          6818 non-null   object
 3   Permanencia        6818 non-null   int64
 4   ServTelefonia      6818 non-null   object
 5   MultipleLineas     6818 non-null   object
 6   ServInternet       6818 non-null   object
 7   ServSeguridad      6818 non-null   object
 8   ServResguardo      6818 non-null   object
 9   ServSeguro         6818 non-null   object
 10  ServSoporte        6818 non-null   object
 11  ServStreamingTV    6818 non-null   object
 12  ServStreamingPelis 6818 non-null   object
 13  TipoContrato       6818 non-null   object
 14  FacturaElectronica 6818 non-null   object
 15  MetodoPago         6818 non-null   object
 16  CargoMensual       6818 non-null   float64
 17  CargoTotal         6807 non-null   float64
 18  Churn              6818 non-null   int64
dtypes: float64(2), int64(2), object(15)
```

Figura 5. Listado de variables que caracterizan al usuario

Fuente: elaboración propia

Luego se realiza distinto tratamiento a las variables categóricas respecto de las numéricas. Para determinar las variables más representativas y se construye la matriz de correlación graficada como un mapa de calor.

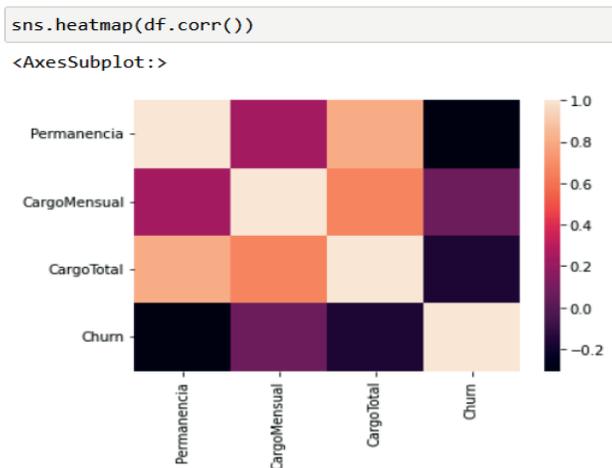



Figura 4. Matrix de correlación

Fuente: Elaboración propia

Para facilitar su interpretación se grafica a continuación la tabla de correlación donde se distingue la relación negativa respecto de la permanencia.

	Permanencia	CargoMensual	CargoTotal	Churn
Permanencia	1.000	0.239	0.804	-0.306
CargoMensual	0.239	1.000	0.660	0.067
CargoTotal	0.804	0.660	1.000	-0.164
Churn	-0.306	0.067	-0.164	1.000

Figura 5. Tabla de correlación

Fuente: Elaboración propia

A las variables categóricas se les da un tratamiento de gráfico de puntos para analizar los datos en forma descriptiva con la intención de determinar relaciones notorias entre ellas. Para ello se toman las variables de cargomensual y permanencia.

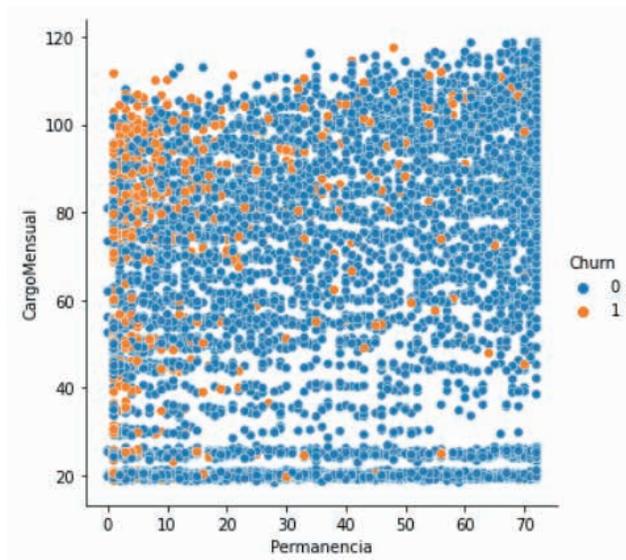



Figura 6. Lenguajes de programación más requeridos

Fuente: Elaboración propia.

En la figura anterior se observa una tendencia clara de concentración de clientes que optaron por la baja del servicio cuanto menor es sea su permanencia para mayores cargos mensuales.

Luego se valida lo anterior abriendo a los distinto segmentos por el tipo de cliente clasificado por género, por edad, como se muestra en las gráficas 1,2 y3 que se adjuntan en hojas del anexo 1.

Más tarde se abre el análisis por tipo de servicio contratado (telefonía, internet y soporte), por tipo de pago y tipo de contrato, como se ve en las gráficas 4,5 y 6 del anexo1.

Todos estos se adjuntan en hoja separada al final del trabajo.

ETAPA DE PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

En esta etapa se realizan gráficos para la visualización de los resultados del análisis estadístico. Se elabora el mapa de calor, histogramas de cada variable, su distribución estadística y dispersión. Estas tareas se apoyan en librerías Matplotlib y Seaborn [30]. Como ejemplo se muestra la variable de cargos mensuales vs tasa de abandono (churn).

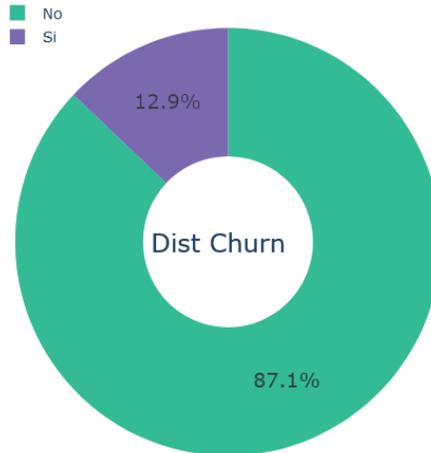



Figura 6. Cálculo de la tasa de abandono

Fuente: Elaboración propia.

La tasa de cancelación se calcula como el cociente entre el valor total de clientes que solicitaron la cancelación de servicio para un determinado período de tiempo respecto del total de clientes suscriptos al inicio del período especificado. En este caso de trató del primer trimestre del 2023.

CONCLUSIONES

El proyecto de investigación permitió valorar la experiencia del proceso enseñanza-aprendizaje a través de la participación en un proyecto concreto de articulación academia-industria, que ofreció a los estudiantes una aproximación al contexto productivo.

El valor de la tasa de abandono del caso es considerablemente superior a la media de la industria por lo que se recomienda avanzar en el estudio en la instancia de predicción utilizando tecnología de aprendizaje supervisado de máquina.

El trabajo tipificar las variables más representativas en la tasa de abandono de clientes de servicios de telecomunicaciones: permanencia, los cargos mensuales, el tipo de contrato (mensual) y el soporte técnico (no contratado).

Las tareas de la primera y última instancia del proyecto demandaron del dominio

de habilidades blandas. Esto se reflejó en la interpretación del contexto, adecuada integración del equipo de trabajo y la comunicación de resultados. Mientras que el dominio de competencias técnicas en manejo de programación Python y las librerías citadas se evidenció en las etapas intermedias del análisis de datos estrictamente.

Se comprobó además que la utilización de rúbricas analíticas en la evaluación facilita el seguimiento del desarrollo de habilidades y apalanca un mayor compromiso del estudiante.

El lenguaje de programación Python, con una curva de aprendizaje adecuada permitió ajustarse a los tiempos previstos del proyecto. A su vez le dio escalabilidad y dinámica al análisis descriptivo de datos, y define un primer paso en el estudio de ciencia de datos.

Para futuros trabajos se propone continuar con el desarrollo del modelo de madurez analítico, basándose en este análisis descriptivo, avanzando al predictivo con machine learning, mediante librerías Scipy y Scikit-Learn. Adicionalmente se podría aplicar este modelo en otras carreras, distintas a ingeniería, que utilizaran conjuntos de datos vinculados con sus disciplinas específicas, para integrar conocimientos y habilidades particulares de sus ambientes productivos.

REFERENCIAS

[1] [K. Schwab. La cuarta revolución industrial. World Economic Forum. Ed Debate, 2016.

[2] R. Privdeville. Prepare for data Revolution. Data-driven world. Armanino, 2019.

[3] M. Schwartz. War & Peace & IT: Business Leadership, Technology and Success in the digital age. Portland. Ed IT Revolution Press, 2019.

[4] A. McAfee, & E. Brynjolfsson. Big Data: The Management Revolution. Harvard Business Review. 2012.

[5] Acumen, Research & Consulting. Global Data Analytic Market. 2022. Disponible en https://www.acumenresearchandconsulting.com/data-analytics-market

[6] W.Cleveland. Data science: An action plan for expanding the technical areas of the field of statistics. The ASA Data Science Journal, 7(6), 414-417. 2014

[7] J. Tukey. The future of Data Analysis. The Collected Works of John Tukey, ed. L. V. Jones, Monterey, CA: Wadsworth & Brooks/Cole, pp. 391–484 1962

[8] T. Elliot. Gartner BI: Analytics moves to the core. Retrieved from Digital Business & Business Analytics: https://timoelliott.com/blog/2013/02/gartnerbi-emea-2013-part-1-analytics-moves-to-the-core.html

[9] W. Jensen. Statistics=Analytics?. 2021.Quality Engineering. W.L. Gore & Associates, Inc., Flagstaff, Arizona, pag 7

[10] M. Pratt. How to structure and manage a data science team. (2021). Retrieved from TechTarget. https://www.techtarget.com/searchbusinessanalytics/feature/How-to-structure-and-manage-a-data-science-team

[11] C, O'Neil & R. Schutt. Doing Data Science: Straight Talk from the Frontline. O'Reilly Media Inc, California (2013)

[12] J. Saltz & Shamshurin, I.: Exploring the process of doing data science via an ethnographic study of a media advertising company. In: 2015 IEEE International Conference on Big Data (Big Data), pp. 2098–2105. IEEE (2015)

[13] Wickham, H., Grolemund, G.: R for Data Science: Import, Tidy, Transform, Visualize, and Model Data. O'Reilly Media Inc, California (2016)

[14] S. Van Daele & G. Jansseswillen. Identifying the Steps in an Exploratory Data Analysis. ICPM(international Conference on process Mining (2022) p 526. Ed. Springer

[15] M. Courtney. Exploratory Data Analysis in Schools: A Logic Model to Guide Implementation. (2021) IJEPL (International Journal Education Policy & Leadership. Volume17(4) doi:10.22230/ijepl.2021v17n4a1041

[16] F. Malvicino y G. Yoguel (2016), "Big Data. Avances recientes a nivel internacional y perspectivas para el desarrollo local. CIECTI (Centro interdisciplinario de estudios en ciencia, tecnología e innovación). http://www.ciecti.org.ar/dt3-big-data/

[17] V. Garousi. (2016). Incorporating real-world industrial testing projects in software testing courses: opportunities, challenges, and lessons learned. En Software Engineering Education and Training (CSEE&T 2011), 24th IEEE-CS Conference on, pp. 396-400. IEEE F.

[18] P. Rodríguez, N. Palomino y J.Mondaca. El uso de datos masivos y sus técnicas analíticas para el diseño e implementación de políticas públicas en Latinoamérica y el Caribe. BID. Sector de Conocimiento y Aprendizaje. 2017

[19] J.A. Del Pozo Flores. Competencias profesionales. Herramientas de evaluación: el portafolios, la rúbrica y las pruebas situacionales. Ed. Narcea. (2017).

[20] P. Perrenoud. Diez nuevas competencias para enseñar. Invitación al viaje. Editorial Graó. 2004

[21] C. Lévy-Leboyer, 2003, Gestión de las competencias. Cómo analizarlas, cómo evaluarlas, cómo desarrollarlas. Ed Gestión

[22] Career Space. Perfiles de capacidades profesionales genéricas de TIC. Capacidades profesionales futuras para el mundo del mañana. Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas. 2001. www.carrer-space.com

[23] M. Ilahi, Cheniti-Belcadhi, L., & Braham, R. Formal competence-based assessment: on closing the gap between academia and industry. Proceedings of the 2nd International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality, pp. 581-587. ACM. 2014

[24] Frederick Reichheld, "Winning on purpose", HBR, 2021

[25] W. Bel, Algoritmos y estructuras de datos en Python. Un enfoque ágil. Facultad Ciencia y Tec. 2020. pg17. Ed Uader.

[26] Coding Nomads. 2022. Most In-Demand Programming Languages Disponible en: https://codingnomads.co/blog/the-best-programming-languages-to-learn/

[27] C. Neil. Aportes para la implementación de un modelo de formación orientado a competencias. RIISIC. (Red de Ingeniería en Informática Sistemas de Información del CONFEDI). Ed UAI. 2021

[28] S. Mukhiya & U. Ahmed. Hands-On Exploratory Data Analysis with Python: Perform EDA techniques to understand your data. Ed. Packt 2020.

[29] W. McKinney. Python for Data Analysis: Data Wrangling with Pandas & Numpy. Third Edition. Ed. O´Reilly. 2022

[30] A. Pajankar. Hands-on Matplotlib. Learn Plotting and Visualizations with Python 3.Ed Apress 2021.

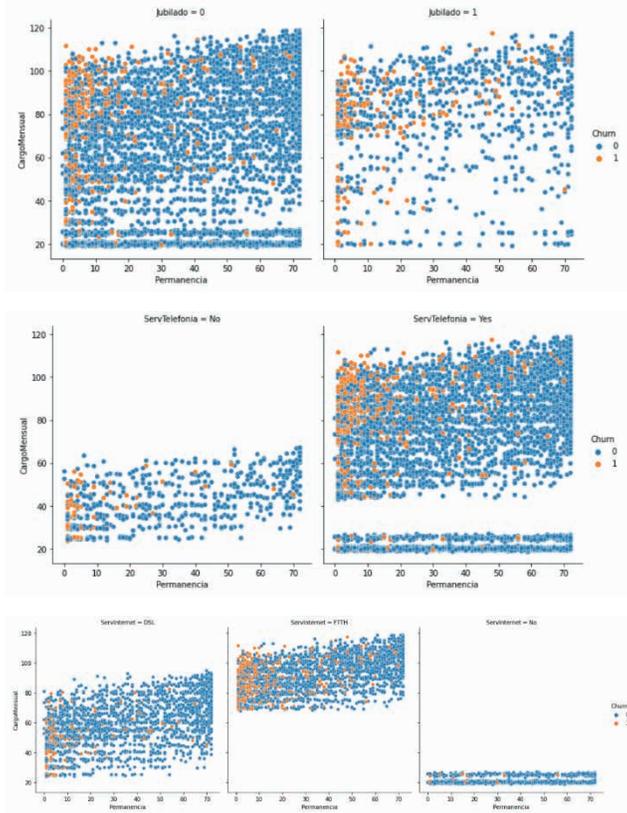
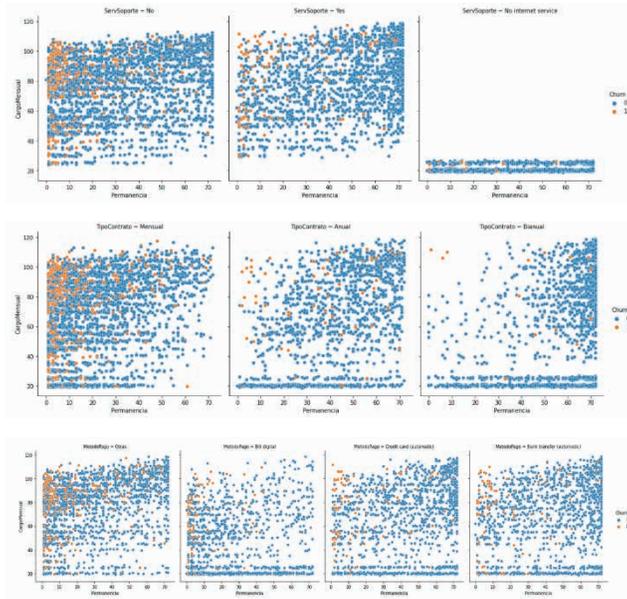
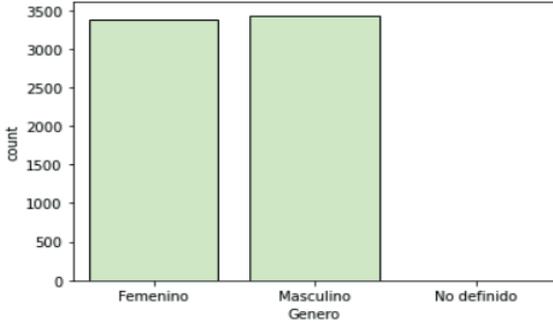
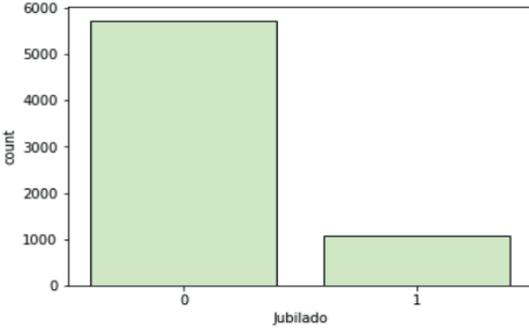
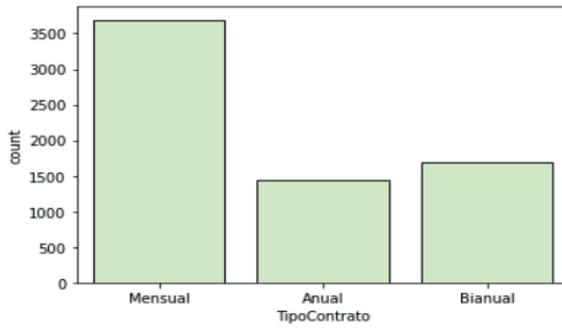
TITULO: RUBRICAS ANALITICAS PARA EVALUACION DE COMPETENCIAS TECNICAS ESPECIFICAS (PYTHON y LIBRERIAS UTILIZADAS EN EL PROYECTO)

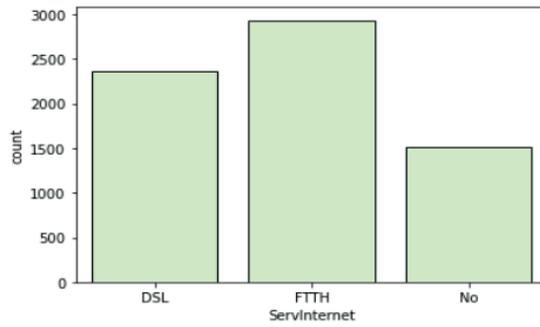
	VALORACION x etapa del proyecto			NIVEL DE DESEMPEÑO			
CATEGORIA (Aspectos a Evaluar)	A	B	C	EXCELENTE	SATISFACTORIO	MEJORABLE	INSUFICIENTE
Manejo de tipos de datos en Python				Logra dominar completamente los tipos de datos y sus transformaciones	El manejo de los diferentes tipos de datos y sus transformaciones es aceptable	Necesita ejercitar en el manejo de tipos de datos y sus transformaciones	No logra dominar adecuadamente los distintos tipos de datos
Manejo de métodos y funciones en Python				Logra dominar completamente los distintos tipos de métodos y funciones empleados en el proyecto	El manejo de métodos y funciones de variables resulta aceptable	Necesita ejercitar el manejo de métodos y funciones de variables	Los métodos y funciones se utilizan con criterio aleatorio sin aportar significado
Manejo de estructuras de control en Python				Domina completamente los flujos de control IF, while, for, elif y sus anidaciones	El manejo de estructuras de bucles y loops es aceptable	El manejo de estructuras de control es básico, necesita ejercitarlo	El manejo de las estructuras de control es insuficiente
Manejo de librería NUMPY, análisis numérico de datos en Python				Domina completamente la ejecución de manejo numérico del conjunto de datos	El dominio de librería Numpy para el análisis numérico es aceptable	El manejo de estrategias de indexación, slicing y transformación es básico necesita ser mejorarlo	El manejo de las funciones de la librería es insuficiente
Manejo de librería PANDAS, manipulación y limpeza de datos en Python				Domina completamente las ejecución de tareas de limpieza, ordenamiento y consolidación de datos	La manipulación de la librería Pandas para limpieza de datos es aceptable	El manejo de tareas de limpieza y ordenamiento de datos requiere más ejercitación	No demuestra ejercicio de la librería Pandas
Manejo de librería MATPLOTLIB, para visualización estática de datos				Domina completamente la ejecución de comandos para la visualización adecuada de datos y resultados	El dominio de la librería Matplotlib es aceptable	La ejecución de histogramas y boxplots, scatter requiere de asistencia, necesita ejercitar	No se registra evidencia de la utilización de la librería en el pñroyecto
Ejecución del EDA				El análisis exploratorio realizado es excelente y aporta información relevante.	La ejecución del EDA es aceptable alcanza los objetivos esperados	El análisis exploratorio de datos es mejorable en su ejecución y sus resultados	El análisis resulta insuficiente y/o presenta dificultad de comprensión, no se alcanza ningún objetivo
OBSERVACIONES				AUTONOMÍA, DECISION, MANEJO 100%	AUTONOMÍA, MANEJO SATISFACTORIO	RESUELVE CON COLABORACION.	REQUIERE ASISTENCIA

Figura 10: Rúbricas analíticas para la evaluación de competencias técnicas específicas

TITULO: RÚBRICAS ANALITICAS PARA EVALUACION DE COMPETENCIAS GENERICAS TRANSVERSALES

	VALORACION en función de etapa del proyecto			NIVEL DE DESEMPEÑO			
CATEGORÍA	A	B	C	EXCELENTE	SATISFACTORIO	MEJORABLE	INSUFICIENTE
Gestión de la demanda y manejo de expectativas				Propone y documenta opciones en todos los encuentros. Flexible en la búsqueda del mejor resultado final	Acepta las sugerencias de cambio y maneja alternativas de solución	Interviene en algunas reuniones, no propone opciones ni acepta cambios	No acepta cambios ni interactúa con el solicitante del requerimiento
Pensamiento crítico				Propone respuestas y soluciones adecuadamente fundamentadas	Genera temas e investiga y luego realiza algún análisis con aporte de valor	Sin demasiado cuestionamiento sobre las decisiones, capacidad de análisis mejorable	No se cuestiona ni analiza durante los encuentros
Trabajo en equipo				Siempre participa, se propone a colaborar. Asume sus responsabilidades y da asistencia a otros	Se une a todos los encuentros. LA mayoría de las veces hace aportes. A veces se lleva trabajo	Se une en ocasiones. No realiza propuestas.	No participa de los encuentros. No logra el trabajo conjunto
Comunicación de los resultados				Se reúne habitualmente y elabora informes de seguimiento que expone sin dificultad	Genera reuniones de seguimiento, elabora informes y busca consensos	Espacios para seguimiento deficientes, búsqueda de consensos insuficiente	No se define un seguimiento de avance de proyecto
Toma de decisiones				Propone plan de trabajo, asigna tareas y participa en todas las decisiones	Detecta información útil y acepta el nivel de avance del proyecto	Requiere sugerencias y asistencia para definir acciones a seguir	No logra definir acciones en base a la información disponible
Compromiso				Asume la responsabilidad durante la ejecución completa del proyecto	Está alineado con la estrategia y los tiempos del equipo. Entrega sus aportes	Acepta las tareas asignadas	No asume responsabilidad.
Gestion en entornos de incertidumbre				Es capaz de establecer diferentes escenarios y analizar alternativas de solución frente a imponderables	Con la información disponible toma decisiones exponiendo riesgo controlado	Requiere la totalidad de información crítica para definir el camino	No asume riesgos. No toma decisiones sin la informacion necesaria
OBSERVACIONES				AUTONOMÍA, DECISION, COMPROMISO; COMUNICACIÓN, FLEXIBILIDAD 100%	AUTONOMÍA, MANEJO	REQUIERE APOYO, NECESITA MEJORAR RELACIONAMIENTO Y CONFIANZA	NO ALCANZA EL OBJETIVO

Figura 11: Rúbricas analíticas para la evaluación de competencias genéricas transversales

	Genero	Ratio
Masculino	3434	50.367
Femenino	3380	49.575
No definido	4	0.059

	Jubilado	Ratio
0	5732	84.072
1	1086	15.928

	TipoContrato	Ratio
Mensual	3692	54.151
Bianual	1685	24.714
Anual	1441	21.135

	ServInternet	Ratio
FTTH	2934	43.033
DSL	2370	34.761
No	1514	22.206

CAPÍTULO 3

REMOVAL OF CHROMIUM (VI) IN AQUEOUS SOLUTION BY THE *Nicotiana tabacum* BIOMASS

Data de aceite: 01/02/2024

Cintya C. Huerta Velázquez
Laboratorio de Micología Experimental
Facultad de Ciencias Químicas
Universidad Autónoma de San Luis Potosí, S.L.P.
San Luis Potosí, S.L.P., México.

Katia B. Cruz García
Laboratorio de Micología Experimental
Facultad de Ciencias Químicas
Universidad Autónoma de San Luis Potosí, S.L.P.
San Luis Potosí, S.L.P., México.

Claudia M. Martínez Rodríguez
Laboratorio de Micología Experimental
Facultad de Ciencias Químicas
Universidad Autónoma de San Luis Potosí, S.L.P.
San Luis Potosí, S.L.P., México.

Ismael Acosta Rodríguez
Laboratorio de Micología Experimental
Facultad de Ciencias Químicas
Universidad Autónoma de San Luis Potosí, S.L.P.
San Luis Potosí, S.L.P., México.
ORCID: 0000-0001-8620-2727

ABSTRACT: The tobacco plant is capable of accumulating heavy metals in its different parts, making it a good candidate for use in bioremediation, although there are few reports in which the biomass of this plant is used for the removal of heavy metals in solution. Also, cigarette residues are an environmental problem, so the use of these residues is an opportunity to obtain biomass for the removal of heavy metals from polluted environments. The objective of this work was to determine the removal capacity of Cr (VI) by commercial tobacco biomass, finding that 1 g of biomass removal 72 mg/L of the metal at 24 hours, pH 2.0, 28°C and 100 rpm, while at higher temperatures the removal is higher, and if the concentration of the metal is increased (1 g/L), its removal capacity is reduced, since 64.72% is removed at 24 hours at 28°C, although at 60°C 1 g/L is removal at 8 hours. If the concentration of the bioadsorbent is increased, the metal removal does not increase. Finally, 5 g of biomass eliminates 66.1 and 74% of Cr (VI) present in naturally contaminated soil (100 mg/g) and water (100 mg/L).

KEYWORDS: Chromium (VI), Tobacco, removal, wastewater, bioremediation

RESUMEN: La planta de tabaco es capaz de acumular metales pesados en sus diferentes partes, por lo que es un buen candidato para

su uso en la biorremediación, aunque hay pocos reportes, en los cuales se utiliza la biomasa de esta planta para la eliminación de metales pesados en solución. También, los residuos de los cigarrillos son un problema medio ambiental, por lo que la utilización de estos residuos es una oportunidad para la obtención de biomasa para la eliminación de metales pesados de ambientes contaminados. El objetivo de este trabajo fue determinar la capacidad de remoción de Cr (VI) por la biomasa de tabaco comercial, encontrando que 1 g de biomasa remueve 72 mg/L del metal a las 24 horas, pH 2.0, 28oC y 100 rpm, mientras que a mayor temperatura es mayor la remoción, y si se aumenta la concentración del metal (1 g/L), se reduce la capacidad de remoción del mismo, pues se elimina el 64.72 % a las 24 horas a 28°C, aunque a 60°C se remueve 1 g/L a las 8 horas. Si se incrementa la concentración del bioadsorbente, no aumenta la remoción del metal. Finalmente, 5 g de biomasa, eliminan el 66.1 y 74 % de Cr (VI) presente en tierra (100 mg/g) y agua (100 mg/L) contaminadas de manera natural.
PALABRAS CLAVE: Cromo (VI), tabaco, remoción, aguas residuals, biorremediación

1 I INTRODUCTION

Currently, due to mining, industrial, urban and smelting activities, one of the biggest environmental problems is heavy metal contamination of water sources around the world, because due to its toxicity and potentially harmful effects on the different ecological systems and the environment, are considered a serious problem for the inhabitants of the towns that are supplied with contaminated water, and considering that the increase in the concentration of these metals in the different water sources, is a consequence of the various anthropogenic activities, which are the support of human life, cause serious economic problems, both locally and nationally due to the increase in the costs of medical treatments and a decrease in the productivity of the inhabitants of the contaminated areas (Ida & Thorin, 2021).

The foregoing entails a large number of problems in the life of the planet, since in plants these metals end up deposited in the soil transported to them by polluted rivers, causing different effects such as: decreased growth or yellowing of the leaves (chlorosis). In addition to being very dangerous for human life, where the effects can be skin rashes, upset stomach and ulcers, respiratory problems, weakening of the immune system, kidney and liver damage, lung cancer, heart conditions, bone, testicular and central and peripheral nervous system or death (Razzak et al., 2022).

Therefore, it is of the utmost importance to find more efficient methods for the retention and extraction of polluting metals from contaminated places and reduce their toxicity to guarantee the preservation of ecosystems and human life. Among the different existing methods for the control of heavy metals we can find methods such as: precipitation, oxidation-reduction, ion exchange, filtration, electrochemical treatment, membrane technologies and recovery by evaporation, adsorption and bioadsorption, and the metals that are considered as heavy are: lead, tin, iron, cadmium, mercury, chromium, vanadium, among others (Zaynab et al., 2022).

Secondly, hexavalent chromium, also known as chromium (VI) (Cr^{6+}), is the toxic form of the metal chromium, while some less toxic forms of chromium occur naturally in the environment (soil, rocks, dust, plants, and animals), it is mainly produced by industrial processes (Sharma et al., 2022). Inhalation of this metal can cause cancer and non-cancer health effects. Cancer effects: Breathing chromium(VI) over a long period of time increases the risk of lung cancer and nasal cancers, while non-cancer effects, such as breathing chromum (VI) at high levels over time, can cause or worsen certain health conditions, including: Irritation of the nose, throat, and lungs (runny nose, cough), allergy symptoms (wheezing, shortness of breath), nasal sores, and very high air levels in workplaces can cause perforation of the membrane that separates the nostrils, and is increasingly being recognized as a neurotoxicant (Sharma et al., 2022).

Different materials have already been studied as potential biosorbents to eliminate this metal. Those materials include microorganisms, like bacteria, mushrooms, algae, waste and lignocellulosic material, and others, like shellfish, which can be removal CO_2 from the atmosphere (Pertile et al., 2021; Moore, 2020; Petros et al., 2021), and several studies have shown that metal bonding occurs especially through a chemical functional group (carboxyl and hydroxyl groups) (Boakye et al., 2022). Some reports in the literature that use low-cost materials for the elimination, reduction and/or removal of this metal are: oat biomass (Avena sativa) (Pacheco-Castillo et al., 2017), tella residue and pea seed shell (Pisum sativum) (Kebede et al., 2022), avocado seed (Mejía-Barajas, 2020), inert biomasses of Dioscorea rotundata and Elaeis guineensis (Villabona-Ortíz et al., 2022), amla wood sawdust (Emblica officinalis) (Kushwaha & Chakraborty, 2021), rice husk (Khalil et al., 2021),

Arachis hypogea husk (Bayuo et al., 2020), Heinsia crinita seed coat biomass (Dawodu et al., 2020), bagasse (Kumar et al., 2020), onion waste (Prokopov et al., 2022), and modified biomass of rice husk (Oriza sativa L.) (Rodríguez-Pérez et al., 2022).

On the other hand, the ability of tobacco plants to accumulate most of the heavy metals in their roots makes them an excellent candidate for use as a phyto-stabilizer. However, further studies should be carried out to determine the mechanism that tobacco uses to fix these metals in its roots. In previous works it was found that tobacco (Nicotiana tabacum) is capable of accumulating heavy metals, because this plant grows in the presence of a mixture of toxic metals, it becomes an accumulator of cadmium, magnesium and arsenic, through the phyto-stabilization of heavy metals (Vera Estrella et al., 2019), the cadmium and lead contents in cigarettes and tobacco leave (Ziarati et al., 2017), the elimination of mercury by roots, leaves and stems of tobacco transgenic for the merApe9 gene (Ke et al., 2001), the endocytic uptake of uranium in tobacco BY-2 cells (John et al., 2022), the uptake of cadmium, chromium, and lead, by two tobacco cultivars (Shaquif et al., 2020), the acumulation of lead by N. tabacum (Rodríguez-Ortíz et al., 2006), and the phytoextraction of cadmium and lead (Rodríguez-Ortíz et al., 2006), but there are few reports regarding the removal of heavy metals by the biomass of natural and/or commercial tobacco. Therefore,

the objective of this work was to analyze the removal capacity of chromium (VI) in aqueous solution by the biomass of commercial tobacco.

2 I EXPERIMENTAL

2.1 Biosorbent

The comercial tobacco was obtained from a convenience store, located in a commercial plaza in the city of San Luis Potosí, S.L.P., México. To obtain the biomass, the tobacco was washed for 72 hours at 28oC with EDTA at 10% (w/v) in trideionized water, changing the solution every 12 hours. Subsequently, it was washed with trideionized water for a week at 28oC, with water changes every 12 hours, and boiled for 60 minutes to remove dust, and the color of the solution. It was dried at 80oC for 24 h in a bacteriological oven, and the product was ground in blender, sterilized at 115oC for 30 minutes, stored in amber vials until use.

2.2 Methods

For this, was utilized 1 g of dried biomass mixed with a solution of 100 mg/L of chromium (VI) in 100 mL of trideionized water, in an-Erlenmeyer flask at the different conditions analyzed. The flasks were incubated at 100 rpm on a shaking bath Yamato BT-25 model. Samples of 5 mL were taken at different times and centrifuged at 3000 rpm for 5 min. The supernatant liquid was separated and analyzed for chromium (VI) ions by a spectrophotometric method employing diphenylcarbazide (Greenberg et al., 1992). The information shown in the results section are the mean from three experiments carried out by triplicate.

3 I RESULTS AND DISCUSSIÓN

3.1 Effect of pH on adsorption

The optimum time for chromium (VI) removal for N. tabacum biomass was 24 h, pH 2.0, with 1 g/100 mL of biosorbent, at initial metal concentration of 100 mg/L, and 28°C (Fig. 1). It was used a pH meter Corning Pinnacle 530 model and we use nitric acid 1M to maintain the pH. The most adsorption efficiency of the metal was observe a maximum at pH 2.0 for the biomass analyzed. As the initial pH values increased from 2.0 to 4.0, the removal efficiencies of Cr (VI) decreased from 72% to 30.46%, respectively, in the same conditions (Fig. 1).

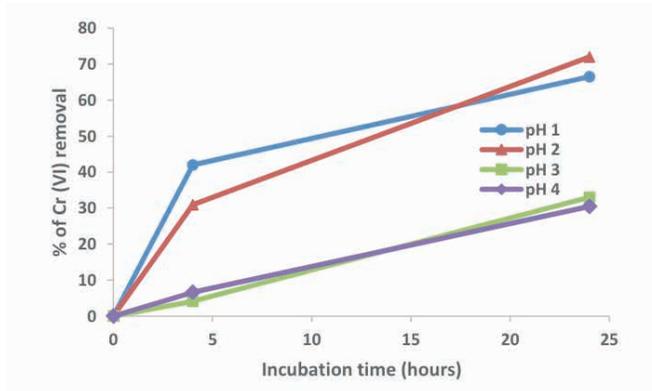



Figure. 1. Effect of incubation time and pH on chromium (VI) removal by the biomass of *N. tabacum*.100 mg/L Cr (VI), 100 rpm, 28°C, 1 g of natural biomass.

3.2 Effect of temperature on adsorption

In relation to the temperature, the highest removal was observed at 60°C, since at 24 h 100% of the metal in solution is removed, while at 28°C, 66.54% is removed at the same time (Fig. 2).

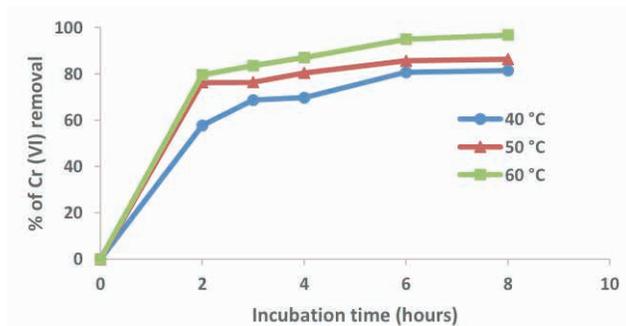



Figure 2. Effect of temperature on the removal of chromium (VI) by *N. tabacum*. 100 mg/L Cr (VI). pH 2.0. 100 rpm. 1 g of natural biomass. 24 h of incubation.

3.3 Effect of Initial Metal Concentration on adsorption

Regarding the effect of different concentrations of chromium (VI) in solution, on its removal, at a pH of 2.0 ± 0.2, with 1 g of *N. tabacum* biomass, at 28°C, and 60°C and 100 rpm. It was found that, at a higher concentration of the metal, the removal is greater, at 28°C the máximum removal (89.36%) was at 600 mg/L, decreasing with 800 mg/L (82.02%) and 1000 mg/L (64.72%), while to 60°C, the total removal of 800 mg/L and 1000 mg/L, was at the 8 hours of incubation in the same conditions (Figs. 3-4).

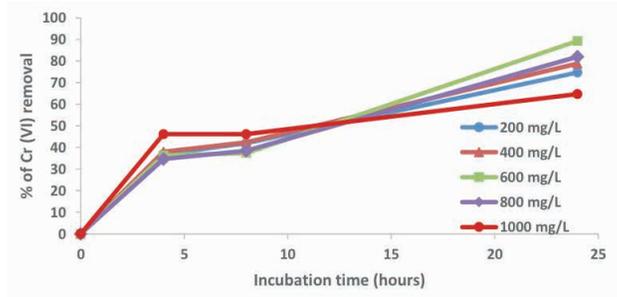



Figure 3. Effect of concentration of chromium (VI) (mg/L), on the removal of chromium (VI) by *N. tabacum*. pH 2.0. 28°C. 100 rpm. 1 g of natural biomass. 24 h of incubation.

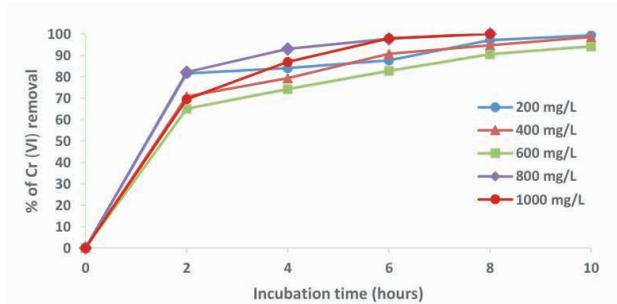



Figure 4. Effect of concentration of chromium (VI) (mg/L) on the removal of chromium (VI) by *N. tabacum*. pH 2.0. 60°C. 100 rpm. 1 g of natural biomass. 24 h of incubation.

3.4 Effect of sorbent dose on adsorption

In Fig. 5, the effect of biomass concentration on metal removal is observed. If the concentration of this is increased, the elimination of the metal in solution not affected, because with the concentrations of biomass analyzed, the removal is similar after 24 h of incubation.

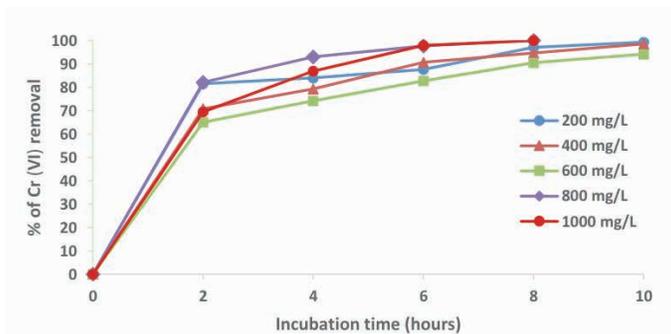



Figure 5. Effect of *N. tabacum* biomass (g/L) on the removal of 100 mg/L of chromium (VI). pH 2.0. 28°C. 100 rpm.

3.5 Removal of Cr (VI) in industrial wastes with tobacco biomass

Chromium (VI) bioremediation test was carried out from soil and water contaminated with 200 mg/L of the metal (adjusted), obtained from an tannery, located in the Celaya, Guanajuato, México, with 5 of natural biomass, observing that this removal 66.1% and 74.2%, from the samples of soil and water contaminated, respectively, at 7 days of incubation (Figs. 6-7).

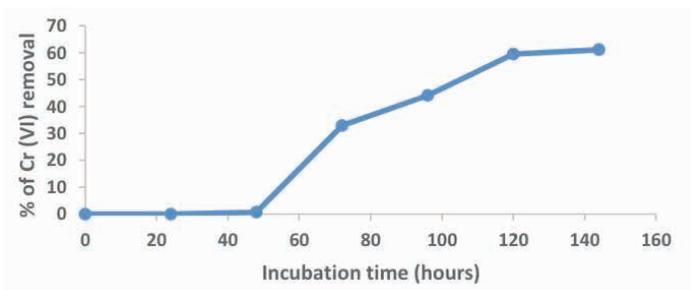



Figure 6. Removal of chromium (VI) in industrial wastes incubated with 5 g of biomass. 28°C, 100 rpm, 5 g of contaminated soil, (200 mg Cr (VI)/g soil, adjusted, pH 6.8).

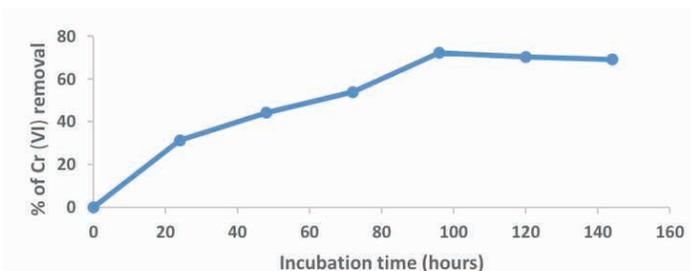



Figure 7. Removal of Cr (VI) in industrial wastes incubated with 5 g of biomass. 28°C, 100 rpm, 100 mL of contaminated water (200 mg Cr (VI)/L, adjusted, pH 8.2).

Finally, in the table 1, we shown the adsorption percentages of chromium (VI) with different biosorbents.

Adsorbent	**pH**	**adsorption capacity mg/L**	**Reference**
Avena sativa	1.0	100	Pacheco *et al.*, 2017
Dioscorea rotundata	2.0	325.88	Villabona *et al.*, 2022
Emblica Officinalis	2.0-3.0	416	Kushwah & Chakra-Borty, 2021
Oriza sativa L.	5.2	94.3	Khalil *et al.*, 2021
Allium cepa L.	1.0	49	Prokopov *et al.*, 2021
Oriza sativa L.	1.0	50	Rodríguez-Pérez *et al.* 2022
Heinsia crinita	2.0	49.45	Dawodu *et al.*, 2020
Pisum sativum	2.0	5	Kebede et al., 2022
Eichhornia crasipes	1.5	2.5	Ardila-Arias *et al.*, 2022

Nicotiana tabacum	2.0	72	This work

Tabla 1. Comparison of percentages of adsorption of chromium (VI) with other biosorbents.

4 I DISCUSSION

With respect to the optimum incubation time and pH for metal removal by *N. tabacum* biomass, the highest removal was to 24 h and pH 2.0. The *A. sativa* biomass, eliminate 100 mg/L of chromium (VI) after 8 h, pH 1.0, 1 g of biosorbent, and 28°C (Pacheco-Castillo *et al*., 2017), with *D. rotundata,* the removal of hexavalent chromium, was of 325.88 mg/L, in 200 minutes, pH 2.0 (0.03 g de biosorbent) (Villabona *et al*., 2022), for *E. Officinalis* (2.5 g/L of biomass) was report a capacity of removal of 416 mg/L, in 100 minutes (Kushwah & Chakraborty, 2021), with *O. sativa* L. there was a biodsorption of 94.3 mg/L, pH 5.2, 2 h at 28°C (Khalil *et al*., 2021), and with the *A. cepa* biomass, the removal was of 49 mg/L [50 mg/L of initial concentration of chromium (VI)] pH 1.0, 28°C, and 0.5 g/L of biomass (Prokopov *et al*., 2021). The differences founded in this conditions, could partly explain, by changes in the permeability of unknown origin, providing greater or lesser exposure of the functional groups of the cell wall of the biomass analyzed (Boakye *et al*., 2022; Vega-Cuellar *et al*., 2022).

On the other hand, industrial effluents often contain more than one type of metal ion, which can interfere in the elimination/recovery of the metal of interest by the biomasses to be studied (Boakye *et al*., 2022; Ida & Eva, 2021; Razzak et al., 2022). In this work, the presence of other metals in solution such as cadmium (II), mercury (II), Co(II), and copper (II) (100 mg/L), does not interfere with the removal of the metal in solution of this study, but on the contrary, the removal of the metal under study increases from 72% to 84.5%-91%, in presence of the other heavy metals, and this coincides with some reports in the literature for other biomasses where it is reported like the biomass of two comercial strains of *Agaricus bisporus* (Monreal *et al*., 2021), the biomass *Farfantepenaeus duorarum* (Tovar *et al*., 2020), for *Zhihengliuella* sp., ISTPL4 does not interfere the removal of different heavy metals in the presence of others (Gupta *et al*., 2021), also, the presence of other metals does not significantly interfere with the adsorption of cadmium (II) by *Pleurotus eryngii* (Amin *et al*., 2018). On the other hand, it was found that the occurrence of PO_4^{-3}, NO_3^- and SO_4^{-2} seriously affected the chromium (VI) sorption by rice husk (Khalil *et al*., 2021), and to the yeast *Saccharomyces cerevisiae*, in which the presence of heavy metals interferes with the removal of the same (Massoud *et al*., 2019).

Finally, it has been reported the ability of differents microorganisms and natural biomasses, in order to analyze the possible use of biomass of *N. tabacum* for the elimination of metal from waste industrial plants, a bioremediation test was adapted in aqueous solution, incubating 5 g of biomass with 5 g of non-sterile soil, contaminated with 200 mg/g of soil, pH 6.8 and 100 mL of contaminated water with 200 mg/L, pH 8.2, resuspending

the soil in trideionized water to a final volume of 100 mL, at 28ºC, and 100 rpm, observing that after 7 days of incubation the concentration of chromium (VI) of the soil and water samples, decreased between 66.1% and 74% (Figs. 7-8), without significant changes in the content of total chromium (data not shown). In the control of the experiment (without biomass), the concentration of the metal of samples decreased between 7% and 14% (data not shown), which may be caused by the microflora autochthonous and/or reducing components present in the samples (Pradhana *et al.,* 2017). The capacity of chromium (VI) removal from wastewater by these biomasses, is equal or better than others analyzed, for example: the biomass of two comercial strains of *A. bisporus* (Monreal *et al*., 2021), in which after 7 days of incubation the concentration of Cr (VI) of the soil and water samples, decreased between 66.1% and 76.2%, too, 5 g of biomass of (*F. duorarum*) removes 80% of chromium (VI) from soil contaminated with 297 mg of the metal/g of soil, after 96 hours of incubation at 28ºC (Tovar *et al*., 2020), the modified biomass of rice grain (*O. sativa* L.) efficiently removes ground metal and contaminated wastewater (71 and 73%, respectively), at 10 days of incubation with 10 g of modified biomass (Rodríguez-Pérez *et al.* 2022), the fungal biomass of *Aspergills niger* removal 69% of the metal in situ, (7 days of incubation and 5 g of biomass (100 mL water) (Acosta-Rodríguez *et al*., 2018). Fungal strains isolated from effluent contaminated (*Aspergillus* spp., *Rhizopus* spp., *Trichoderma* spp., and *Penicillium* spp.) showed a Good adsorption capacity of chromium removal efficiency at 150 ppm of hexavalent chromium (5.49 mg/g and/or 98.75%) (Narolkar *et al*., 2021), the hexavalent chromium removal (181.56 mg/g) and total chromium biosorption (110.35 mg/g) at influent solution pH of 1.0 and 2.0 (Aranda-García & Cristiani-Urbina, 2020), too for the bioremediation of solid waste from lemon pulp contaminated with chromium (VI) by filamentous fungi: *A. niger* (90%), *Penicillium islandicum* (5%), and *Penicillium expansum* (6%), initial pH 2.5, 3 días, 28ºC (Márquez *et al*., 2015), and the fungal strain of *Trichoderma pseudokoningii*, isolated from tannery effluent showed 97-99% chromate removal in 10 days (Rani-Ray & Sur, 2016).

The results obtained in this work, suggest the potential applicability of this biomass for the removal of this metal from wastewater. However, the biosorption may be affected by the high concentrations of these contaminants, decreasing the capacity adsorption by the biomasses. So that, actually the use of biomasses does not live, it is a great alternative to try to eliminate these contaminants from the different contaminated sites, by her low cost, great adsorption capacity, easy accessibility and its production in large quantities.

Finally, the *N. tabacum* biomass accumulating efficiently different heavy metals (Vera Estrella *et al*., 2019; Ziarati *et al*., 2017; John *et al*., 2022), but there are few reports regarding the removal of heavy metals by the biomass of natural and/or commercial tobacco, therefore, this work is important, because commercial tobacco is used, which facilitates its obtaining in sufficient quantities for its application in bioremediation.

5 I CONCLUSION

The tobacco biomass big capacity showed of biosorption concentrations of 72 mg/L Cr (VI) in solution after 24 days of incubation, at 28°C, 100 rpm with 1 g of natural biomass. These results suggest the potential applicability of tobacco biomass for the remediation of Cr (VI) from polluted soils and water in different places.

REFERENCES

Acosta-Rodríguez I., Pacheco-Castillo N.C., Cárdenas-González J.F., Moctezuma- Zarate M.G., Martínez-Juárez V.M. & Rodríguez-Pérez, A. 2018. Biosorption of mercury (II) from aqueous solution onto biomass of *Aspergillus niger*. Mexican Journal of Biotechnology. 3(3): 15-25. https://doi.org/10.29267/mxjb.2018.3.3.15

Amin F., Talpur F.N., Balouch A., Samoon M.K., Afridi H.I. & Ali Surhio M. 2018. Utilization of *Pleurotus eryngii* biosorbent as an environmental bioremedy for the decontamination of trace cadmium(II) ions from water system. Water Science & Technology. 78(5): 1148-1158: DOI: 10.2166/wst.2018.365

Aranda-García E. Cristiani-Urbina E. 2020. Hexavalent chromium removal and total chromium biosorption from aqueous solution by *Quercus crassipes* acorn shell in a continuous up-flow fixed-bed column: Influencing parameters, kinetics, and mechanism. PLoS ONE 15(1): e0227953. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227953

Ardila-Arias A.N., Arriola-Villaseñor E., Álvarez-González W., Hernández-Maldonado J.A. Barrera-Zapata R. 2022. Aprovechamiento de residuos de *Eichhornia crasipes* para la remoción de Cr (VI) en Aguas simuladas. Revista Politécnica.18(35): 71-83. DOI: https://doi.org/10.33571/rpolitec.v18n35a5

Bayuo J., Abdullai M.A. & Pelig-Ba K.B. 2020. Optimization using central composite design (CCD) of response surface methodology (RSM) for biosorption of hexavalent chromium from aqueous media. Applied Water Science. 10(6):1–12. https://doi.org/10.1007/s13201-020-01213-3

Boakye P., Ohemeng-Boahen G., Darkwah L, Sokama-Neuyam Y.A., Appiah-Effah E., Oduro-Kwarteng S., Osei B.A., Asilevi P.J. & Woo S.H. 2022. Waste Biomass and Biomaterials Adsorbents for Wastewater Treatment. Green Energy and Environmental Technology. 2022(0): 1–25. https://doi.org/10.5772/geet.05

Dawodu F.A., Akpan B.M. & Akpomie K.G. 2020. Sequestered capture and desorption of hexavalent chromium from solution and textile wastewater onto low cost *Heinsia crinita* seed coat biomass. Applied Water Science. 10(1):1-15. https://doi.org/10.1007/ s13201-019-1114-6

Gómez-Aguilar D.L., Esteban-Muñoz J.A., Rodríguez-Miranda J.P., Baracaldo-Guzmán, D. & Salcedo-Parra O.J. 2022. Desorption of Coffee Pulp Used as an Adsorbent Material for Cr(III and VI) Ions in Synthetic Wastewater: A Preliminary Study. Molecules. 27(2170): 1-16. https://doi.org/ 10.3390/molecules27072170

Greenberg A.E., Clesceri L.S. & Eaton A.D. 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, Washington, DC, USA, 18th edition. 3.58-3.60.

Gupta B., Mishra A., Singh R. & Thakur I.S. 2021. Fabrication of calcite based biocomposites for catalytic removal of heavy metals from electroplating industrial effluent. Environmental Technology Innovation. 21(101278). 1-14. https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.101278

Ida S. & Eva, T. 2021. Removal of Heavy Metals during Primary Treatment of Municipal Wastewater and Possibilities of Enhanced Removal: A Review. Water. 13 (1121): 1-26. https://doi.org/10.3390/w13081121

John W.A., Lückel B., Matschiavelli N., Hübner R., Matschi S., Hoehenwarter W. & Sachs S. 2022. Endocytosis is a significant contributor to uranium(VI) uptake in tobacco (*Nicotiana tabacum*) BY-2 cells in phosphate-deficient culture. Science of The Total Environment. 823(153700): 1-17. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.1

Ke H.Y., Sun J.G., Fengi X.Z., Czak M. & Márton L. 2001. Differential mercury volatilization by tobacco organs expressing a modified bacterial merA gene. Cell Research. 11(3): 231-236 http://www.cell-research.com

Kebede A., Kedir K., Melak F. & Girma-Asere T. 2022. Removal of Cr(VI) from Aqueous Solutions Using Biowastes: Tella Residue and Pea (*Pisum sativum*) Seed Shell. Hindawi Scientific World Journal. Vol. 2022, Article ID 7554133, 12 pages https://doi.org/10.1155/2022/7554133

Khalil U., Shakoor M.B., Ali, S., Ahmad S.R., Rizwan M., Alsahli A.A. & Alyemeni M.N. 2021. Selective Removal of Hexavalent Chromium from Wastewater by Rice Husk: Kinetic, Isotherm and Spectroscopic Investigation. Water 13(263): 1-12. https://doi.org/ 10.3390/w13030263

Kumar H., Maurya K.L., Gehlaut A.K., Singh D., Maken S., Gaur A. & Suantak Kamsonlian K. 2020. Adsorptive removal of chromium(VI) from aqueous solution using binary bio-polymeric beads made from bagasse. Applied Water Science. 10(1): 1–10. https://doi.org/10.1007/s13201-019-1101- y.

Kushwaha P. & Chakraborty, S. 2021. Removal of Cr(VI) from Synthetic Wastewater by Low Cost Adsorbent Developed from Amla Wood Sawdust (*Emblica officinalis*). International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT). 10(02): 246-248. http://www.ijert.org

Márquez A., Busnelli I., Duca G., D. & Rubio C. 2015. Remediación de residuos sólidos contaminados con Cr(VI) por un hongo filamentoso. Boletín Micológico. 30(1): 2 – 9. **DOI:** https://doi.org/10.22370/bolmicol.2015.30.1.860

Massoud R., Hadiani M.R. & Khosravi-Darani K. 2019. Bioremediation of heavy metals in food industry: Application of *Saccharomyces cerevisiae*. Electronic Journal of Biotechnology. 37: 56-60. https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2018.11.003

Mejía-Barajas J.A. 2020. Biotechnological applications of avocado seed. Mexican Journal of Biotechnology. 5(3): 33-70. https://doi.org/10.29267/mxjb.2020.5.3.33

Monreal C.J., Rodríguez A., Cárdenas J.F., Martínez V.M., Enríquez E. & Acosta I. 2021. Remoción de cromo hexavalente en solución acuosa por la biomasa de dos cepas comerciales de *Agaricus bisporus*. Avances en Ciencias e Ingeniería.12(3): 1-16. http://www.executivebs.org /publishing.cl/category/revista-aci/

Moore D. 2020. A biotechnological expansion of shellfish cultivation could permanently remove carbon dioxide from the atmosphere. Mexican Journal of Biotechnology. 5(1): 1-10. https://doi.org/10.29267/mxjb.2020.5.1.1

Pacheco-Castillo N.C., Cárdenas-González J.F., Moctezuma-Zárate M.G., Martínez-Juárez V.M., Rodríguez-Pérez A. & Acosta Rodríguez I. 2017. Removal of chromium (VI) in aqueous solution by oat biomass (*Avena sativa*). Mexican Journal of Biotechnology. 2(2): 196-205. https://doi.org/10.29267/mxjb.2017.2.2.196

Narolkar S., Jain N. & Mishra A. 2022. Biosorption of Chromium by Fungal Strains Isolated from Industrial Effluent Contaminated Area. Pollution. 8(1): 159-168 DOI: 10.22059/POLL.2021.326818.1132

Pertile E. Dvorský T. Václavík V. & Heviánková S. 2021. Use of Different Types of Biosorbents to Remove Cr (VI) from Aqueous Solution. Life. 11(240): 1-22. http://doi.org/10.3390/life11030240

Petros P., Heilweck M. & Moore D. 2021. Saving the Planet with Appropriate Biotechnology: 5. An Action Plan. Mexican Journal of Biotechnology. 6(2): 1-60. https://doi.org/ 10.29267/ mxjb.2021.6.2.1

Pradhana D., Sukla L.B., Sawyerb M. & Rahman P.K.S.M. 2017. Recent bioreduction of hexavalent chromium in wastewater treatment: A review. Journal of Industrial and Engineering Chemistry. 55: 1–20. https://doi.org/10.1016/j.jiec.2017.06.040

Prokopov T., Nikolova M., Taneva D., Petkova N. 2022. Removal of Chromium (VI) from aqueous solution by extracted onion processing waste. Studii şi Cercetări Ştiinţifice Chimie şi Inginerie Chimică, Biotehnologii, Industrie Alimentară. 22(4): 399-410. ISSN 1582-540X

Ray R. & Sur D. 2016. Optimization of Process Parameters for Effective Bioremediation of Chromium Contaminated Soil by *Trichoderma Pseudokoningii*. Russian Journal of Biological Research. 2016. 8(2): 69-79. DOI: 10.13187/ejbr.2016.8.69

Razzak S.A., Faruque M.O., Alsheikh Z., Alsheikhmohamad L., Alkuroud D., Alfayez A., Zakir-Hossain S.M., Mohammad M. & Hossain M.M. 2022. A comprehensive review on conventional and biological-driven heavy metals removal from industrial wastewater. Environmental Advances. 7(1001689): 1-26. https://doi.org/10.1016/j.envadv.2022.100168

Rodríguez-Ortíz J.C., Rodríguez-Fuentes H., de Lira-Reyes G., Martínez-de la Cerda J. & Lara-Mireles J.L. 2006. Capacidad de seis especies vegetales para acumular plomo en suelos contaminados. Revista Fitotecnia Mexicana. 29 (3): 239 -245. DOI:10.35196/rfm.2006.3.239

Rodríguez-Ortíz J.C., Valdez-Cepeda R.D., Lara-Mireles J.L., Rodríguez-Fuentes H., Vázquez-Alvarado R.E., Magallanes-Quintanar R. & García-Hernández J.L. 2006. Soil Nitrogen Fertilization Effects on Phytoextraction of Cadmium and Lead by Tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) Bioremediation Journal, 10(3): 105-114, DOI: 10.1080/10889860600939815

Rodríguez-Pérez A., Pacheco-Castillo N., Tovar-Oviedo J., Martínez-Juárez V.M., Acosta-Rodríguez I., Muñoz-Morales A. & Cárdenas-González J.F. 2022. Remoción de Cromo (VI) en solución acuosa por la biomasa modificada de la cáscara de arroz (*Oriza sativa* L.). Tecnología y Ciencias del Agua. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 13(3): 478-502. DOI: 10.24850/j-tyca-2022-03-10.

Shafiq M., Bakht J., Iqbal A. & Shari M. 2020. Growth, protein expresión and heavy metal uptake by tobacco under heavy metals contaminated soils. Pakistani Journal of Botany. 52(5): 1569-1576. DOI: http://dx.doi.org/10.30848/PJB2020-5(13)

Sharma P., Pratap-Singh S., Kishor-Parakh S. & Wah-Tong Y. 2022. Health hazards of hexavalent chromium (Cr (VI)) and its microbial reduction, Bioengineered, 13(3): 4923-4938. https://doi.org/10.1080/21655979.2022.2037273

Tovar J., Hernández N., Rodríguez A., Cárdenas J.F., Martínez V.M. &, Acosta I. 2020. Remoción de cromo hexavalente en solución Acuosa por la biomasa de la cáscara de camarón rosado del Golfo de México. (*Farfantepenaeus duorarum*). Avances en Ciencias e Ingeniería. 11(4): 35-45. http://www.executivebs.org/publishing.cl/category/revista-aci/

Vega-Cuellar M.A., Calderón-Domínguez G., Perea-Flores M.J., Peña-Barrientos A., Salgado-Cruz M.P., García-Hernández A.B., & Dávila-Ortiz G. 2022. Use of microorganisms and agro-industrial wastes in the biosorption of chromium (VI): a review. Wate and Biomass Valorization. 1-22. https://doi.org/10.1007/s12649-022-01755-4

Vera-Estrella R., Garcia-Mariano R., Gomez-Mendez M.F., Rosas-Santiago P. *&* Pantoja-Ayala O. *2019.* Uso de tabaco para fitorremediar suelos contaminados con metales pesados. Biotecnología en Movimiento. Revista de divulgación del Instituto de Biotecnología de la UNAM. 17: 23-25. https://biotecmov.ibt.unam.mx/contact.html.

Villabona-Ortíz A., González-Delgado Á. & Tejada-Tovar C. 2022. Equilibrium, Kinetics and Thermodynamics of Chromium (VI) Adsorption on Inert Biomasses of *Dioscorea rotundata* and *Elaeis guineensis*. Water. 14(844): 1-15. https://doi.org/10.3390/ w14060844

Zaynab M., Al-Yahyai R., Ameen A., Sharif Y., Ali L., Fatima M., Ali-Khan K. & Li S. 2022. Health and environmental effects of heavy metals. Journal of King Saud University–Science. 34(101653): 1-8. https://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101653

Ziarati P., Mousavi Z. & Pashapour S. 2017. Analysis of Heavy Metals in Cigarette Tobacco. Journal of Medical Discovery. 2(1): 1-7. doi:10.24262/jmd.2.1.16006

CAPÍTULO 4

ESTUDIO DE UN SISTEMA PARA RIEGO AGRÍCOLA CON ALIMENTACIÓN FOTOVOLTAICA AUTÓNOMA. UNA CONTRIBUCIÓN PARA EL AHORRO DE ENERGÍA EN EL RANCHO LA TUNA MORELOS, TLALIXCOYAN, VERACRUZ, DESARROLLADO EN LA MATERIA TALLER DE INVESTIGACIÓN

Data de submissão: 04/12/2023 *Data de aceite: 01/02/2024*

Miguel Angel Quiroz García
TECNM, Campus Veracruz
Veracruz, Ver., México
http://orcid.org/0000-0001-5570-7444X

Alejandro Zavaleta Bordonave
Institución TECNM, Campus Veracruz
Veracruz, Ver., México
Doctorado en educación

Marycarmen Arana Altamirano
TECNM, Campus Veracruz
Veracruz, Ver., México
Lic. en Ingeniería Electrónica

Enrique Sánchez Hernández
TECNM, Campus Veracruz
Veracruz, Ver., México
Ingeniero Industrial Electricista

Heidi Virginia Ladrón de Guevara
M.A. en Sistemas de Información
CONALEP VERACRUZ II

Eucalit Sánchez García
TECNM, Campus Veracruz
Veracruz, Ver., México
Ing. Industrial en Electricidad

RESUMEN. El sistema de riego agrícola por lo general es alimentado por energías que se obtienen de centrales eléctricas convencionales que obtienen la energía a partir de combustibles fósiles; esto implica un gran problema para los usuarios rurales ya que es de gran costo y a la mayoría no les llega dicha energía, además del impacto ambiental negativo que se tiene. Esta problemática se atendería a través del desarrollo de los sistemas de riego agrícola con alimentación fotovoltaica autónoma que permite ahorros de energía ya que no estarán conectados a la red eléctrica. En los sistemas de riego tradicionales, el agua se aplica al campo entero, ya sea por aspersión o por riego por inundación, lo que resulta en una pérdida significativa de agua. El riego por goteo es un método de riego moderno en el cual el agua es aplicada directamente a la zona radicular de la planta. En tales sistemas de riego, se aplica el agua solamente en zonas específicas en el campo, donde se cultivan las plantas.

PALABRAS CLAVE: energías renovables, Sistema fotovoltaico, Irradiación solar.

STUDY OF A SYSTEM FOR AGRICULTURAL IRRIGATION WITH AUTONOMOUS PHOTOVOLTAIC POWER. A CONTRIBUTION TO ENERGY SAVINGS AT THE LA TUNA MORELOS RANCH, TLALIXCOYAN, VERACRUZ, DEVELOPED IN THE FIELD OF A RESEARCH WORKSHOP

ABSTRACT: The agricultural irrigation system is generally powered by energy obtained from conventional power plants that obtain energy from fossil fuels; This represents a big problem for rural users since it is very expensive and most of them do not receive this energy, in addition to the negative environmental impact it has. This problem would be addressed through the development of agricultural irrigation systems with autonomous photovoltaic power that allows energy savings since they will not be connected to the electrical grid. In traditional irrigation systems, water is applied to the entire field, either by sprinkler or flood irrigation, resulting in significant water loss. Drip irrigation is a modern irrigation method in which water is applied directly to the root zone of the plant. In such irrigation systems, water is applied only to specific areas in the field, where the plants are grown.
KEYWORDS: Renewable energies, photovoltaic system, solar irradiation.

1 I INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, debido al incremento del costo de los combustibles fósiles y los problemas medioambientales derivados de su explotación, estamos asistiendo a un renacer de las energías renovables.

En la presente investigación se propone un sistema de riego con alimentación fotovoltaica, la energía que produzca dicho sistema fotovoltaico que alimente a una bomba de agua que extraiga esta de un pozo, luego de ser extraída dicha agua se expulsara al sistema de riego. Se propone instalar un sistema de riego por goteo ya que este tiene diversas ventajas sobre otros métodos de irrigación, incluyendo: la eliminación de la escorrentía superficial, nivel constante en la humedad del suelo, alta eficiencia en el uso del agua, flexibilidad en la aplicación de fertilizantes, previene el crecimiento de malezas y enfermedades de las plantas.

En los sistemas de riego tradicionales, el agua se aplica al campo entero, ya sea por aspersión o por riego por inundación, lo que resulta en una pérdida significativa de agua. El riego por goteo es un método de riego moderno en el cual el agua es aplicada directamente a la zona radicular de la planta.

En la Figura 1. Se muestra el sistema de riego por goteo, en tales sistemas de riego, se aplica el agua solamente en zonas específicas en el campo, donde se cultivan las plantas.

2 I ASPECTOS QUE SE CONSIDERAN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE RIEGO CON ALIMENTACIÓN FOTOVOLTAICA NORMAS APLICABLES A SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Normas IEC de apoyo – Sistemas fotovoltaicos¤	Serie IEC – Sistemas fotovoltaicos ¶ ¤
➢ → IEC 62446¤	➢ → IEC 61730¤
➢ → IEC 61727¤	➢ → IEC 60904¤
➢ → IEC 61836¤	➢ → IEC 62257¤
➢ → IEC 61215¤	¤
➢ → IEC 61646¤	¤

Incidencia Solar

Como resultado de la investigación presentada se puede concluir que la propuesta del sistema de riego con alimentación fotovoltaica tendrá muchos beneficios y cubrirá las necesidades que se tienen, ya que las energías renovables ofrecen la oportunidad de obtener energía útil para diversas aplicaciones; su aprovechamiento tiene menores impactos ambientales que el de las fuentes convencionales y poseen el potencial para satisfacer todas las necesidades de energía presentes y futuras. Así mismo, su utilización contribuye a conservar los recursos energéticos no renovables y propicia el desarrollo regional.

La suma de ambas es la irradiación total incidente. La superficie del planeta está expuesta a la radiación proveniente del Sol. La tasa de irradiación depende en cada instante del ángulo que forman la normal a la superficie en el punto considerado y la dirección de incidencia de los rayos solares. Por supuesto, dada la lejanía del Sol respecto de nuestro planeta, es factible suponer, con muy buena aproximación, que los rayos del Sol inciden esencialmente paralelos sobre el planeta. No obstante, en cada punto de este, localmente considerado, la inclinación de la superficie respecto a dichos rayos depende de la latitud y de la hora del día para una cierta localización en longitud; dicha inclinación puede definirse a través del ángulo que forman el vector normal a la superficie en dicho punto y el vector paralelo a la dirección de incidencia de la radiación solar.

Figura 1. Sistema de riego por goteo

Análisis del sistema de riego agrícola

A lo largo de la historia, los sistemas de riego han sido una parte muy importante del desarrollo agrícola. Los sistemas de riego primero se remontan 6000 años y han sido utilizados por los egipcios y mesopotámicos, los egipcios y el pueblo de Mesopotamia, que se utiliza una forma pasiva de riego, totalmente en función de la inundación anual del rio. Los egipcios utilizaron el rio Nilo como fuente de agua e hizo las cuencas individuales de los cultivos que entran en contacto con el agua de las inundaciones.

En Asia hace unos 2000 años, China usa los métodos tradicionales de riego por superficie y se fue a un nivel totalmente nuevo de riego, construcción de canales para la adquisición de agua desde muy lejos. La ciudad que ahora es Camboya ha tenido un complejo sistema de canales, estanques y embalses para el riego y el almacenamiento de agua desde el siglo 9 y 14.

En Europa los romanos habían construido complejos sistemas de irrigación más de 2000 años antes. Algunos canales transportaban agua de las montañas y lo deposito en los embalses.

El sistema de Riego es el conjunto de estructuras, que permite determinar qué área pueda ser cultivada aplicándole el agua necesaria a las plantas y consta de varios componentes. El conjunto de componentes dependerá de si se trata de riego superficial, por aspersión, o por goteo. Por ejemplo, un embalse no será necesario si existe otra fuente de agua cercana tales como rio o arroyo de los cuales se capta el agua y estos tienen un caudal suficiente incluso en el periodo de sequía. Los sistemas de riego más comunes son la acequia, terrazas, riego por aspersión, riego por goteo y riego de tierra, etc.

Tipos de sistema de riego

- Sistema de riego por aspersión
- Riego con difusores
- Sistema de riego por goteo
- Riego subterráneo

Estudio sobre la obtención del agua para el sistema de riego

Para determinar la obtención del agua se debe de buscar un pozo lo suficientemente profundo para que este pueda brindar el agua necesaria para el sistema de riego. Un pozo es un agujero, excavación o túnel vertical que perfora la tierra, hasta una profundidad suficiente para alcanzar la reserva de agua subterránea de una capa freática.

Construidos con desarrollo y forma cilíndrica en la mayoría de los casos, se suelen asegurar sus paredes con ladrillo, piedra, cemento o madera, para evitar su deterioro y derrumbe, que podrían causar el taponamiento del pozo Se debe buscar un pozo que este cercano al lugar de la siembra y si no se encuentra ninguno se procederá a realizarlo.

Bomba de alimentación para el sistema de riego

Es la máquina que transforma energía, aplicándola para mover el agua. Este movimiento, normalmente es ascendente. Las bombas pueden ser de dos tipos “volumétricas” y “turbobombas”. Todas constan de un orificio de entrada (de aspiración) y otro de salida (de impulsión). Las volumétricas mueven el agua mediante la variación periódica de un volumen. Es el caso de la bomba de émbolo. Las turbos bombas poseen un elemento que gira, produciendo así el arrastre del agua. Este elemento “rotor” se denomina “Rodete” y suele tener la forma de hélice o rueda con paletas. Las bombas pueden recibir la energía de diversas fuentes. Desde la antigüedad se ha usado la energía eólica en este menester. El movimiento de las paletas del molino de viento se transmite a una bomba que extrae agua de un pozo.

Cuando la bomba recibe la energía a través de un motor acoplado (eléctrico, de gasóleo o gasolina), al conjunto se le llama motobomba. El motor puede también estar separado de la bomba. Entonces hace falta un elemento que le transmita el movimiento. Puede ser una polea, un eje, etc.

Elementos del sistema fotovoltaico

Generador fotovoltaico- Los paneles solares o módulos fotovoltaicos convierten la energía luminosa del Sol en electricidad, esta es utilizada de inmediato mediante inversores

de red o es almacenada en un banco de baterías a través de un control de carga o un seguidor de máxima potencia (MPPT).

Por lo general, son hechos de silicio, un elemento conductor. Pueden ser mono y policristalinos. Los primeros son 2% a 3% más eficientes (15% a 19% de eficiencia frente a 13 a 15%). Los monocristalinos ocupan un área de 6 a 8 metros cuadrados por kW, mientras que los policristalinos usan de 7 a 9 m2 por kilowatt. La utilización de uno u otro tipo de panel depende de la estructura de soporte y el tipo de cableado. Cuando el sistema se emplaza sobre estructuras fijas, para realizar un mejor cableado y aumentar el voltaje, los expertos prefieren trabajar con policristalinos. En cambio, cuando se emplean 'seguidores de sol' por lo que se quiere disminuir la cantidad de paneles en serie, se usan los monocristalinos.

El generador está formado por un conjunto de módulos conectados en serie y en paralelo entre sí.

Conectando en serie los módulos:

La corriente total del módulo se "adecua" a la del módulo que genera menos corriente, mientras que la tensión global es el resultado de la suma de la tensión de cada módulo. Un conjunto de módulos conectados en serie constituye la así llamada "cadena".

Conectando en paralelo varias cadenas de módulos:

La corriente total del generador fotovoltaico es el resultado de la suma de la corriente de salida de cada cadena. En cambio, la tensión global del sistema es equivalente a la tensión generada por una sola cadena.

La potencia nominal total del sistema es equivalente a la suma de la potencia nominal de cada módulo.

Figura 2. Panel solar de silicio monocristalino

Banco de baterías

La función prioritaria de las baterías en un sistema de generación fotovoltaico es la de acumular la energía que se produce durante las horas de luminosidad para poder ser utilizada en la noche o durante periodos prolongados de mal tiempo.

Otra importante función de las baterías es la de proveer una intensidad de corriente superior a la que el dispositivo fotovoltaico puede entregar. Tal es el caso de un motor, que en el momento del arranque puede demandar una corriente de 4 a 6 veces su corriente nominal durante unos pocos segundos.

Normalmente el banco de baterías y los módulos fotovoltaicos trabajan conjuntamente para alimentar las cargas, durante la noche toda la energía demandada por la carga la provee el banco de baterías. En horas tempranas de la mañana los módulos comienzan a generar, pero si la corriente que entregan es menor que la que la carga exige, la batería deberá contribuir en el aporte. A partir de una determinada hora de la mañana la energía generada por los módulos fotovoltaicos supera la energía promedio demandada. Los módulos no solo atenderán la demanda, sino que, además, todo exceso se almacenara en la batería que empezara a cargarse y a recuperarse de su descarga de la noche anterior. Finalmente, durante la tarde, la corriente generada decrece y cualquier diferencia con la demanda la entrega a la batería; en la noche, la generación es nula y todo el consumo lo afronta la batería.

Regulador

Dispositivo encargado de proteger a la batería frente a sobrecargas y sobre descargas profundas.

El regulador de tensión controla constantemente el estado de carga de las baterías y regula la intensidad de carga de estas para alargar su vida útil. También genera alarmas en función del estado de dicha carga.

Figura 3. Banco de batería para sistemas fotovoltaicos

Los reguladores actuales introducen microcontroladores para la correcta gestión de un sistema fotovoltaico. Su programación elaborada permite un control capaz de adaptarse a las distintas situaciones de forma automática, permitiendo la modificación manual de sus parámetros de funcionamiento para instalaciones especiales. Incluso los hay que memorizan datos que permiten conocer cuál ha sido la evolución de la instalación durante un tiempo determinado.

Para ello, consideran los valores de tensión, temperatura, intensidad de carga y descarga, y capacidad del acumulador.

Figura 4. Regulador de carga para sistemas fotovoltaicos

Inversor- Convertir la CC de la instalación fotovoltaica en CA para la alimentación de los receptores que trabajan con CA (la mayoría).

Dispositivos electrónicos que convierten la corriente continua en alterna y permiten, por tanto: Utilizar receptores de CA en instalaciones aisladas de la red

Conectar los sistemas FV a la red de distribución eléctrica Se pueden distinguir entre:

Inversores de conmutación natural. También son conocidos como inversores conmutados

- por la red, por ser esta la que determina el fin del estado de conducción en los dispositivos electrónicos. Su aplicación es para sistemas FV conectados a la red. Actualmente están siendo desplazados por los inversores de conmutación forzada tipo PWM, conforme se desarrollan los transistores de tipo IGBT para mayores niveles de tensión y corriente.
- Inversores de conmutación forzada o auto conmutados. Son para sistemas FV aislados. Permiten generar CA mediante conmutación forzada, que se refiere a la apertura y cierre forzados por el sistema de control. Pueden ser de salida escalonada (onda cuadrada) o de modulación por anchura de pulsos (PWM), con los que se pueden conseguir salidas prácticamente senoidales y por tanto con poco contenido de armónicos.

Figura 5. Inversor de corriente para Sistema fotovoltaico

Diseño del sistema de riego con alimentación fotovoltaica autónoma

Cálculo de la incidencia del sol en el lugar a instalar el sistema de riego con alimentación fotovoltaica

Cálculo de la radiación global

La radiación global ($Global_{tot}$) se calcula como la suma de la radiación directa (Dir_{tot}) y difusa (Dif_{tot}) de todos los sectores del mapa solar y mapa del cielo, respectivamente.

$$Global_{tot} = Dir_{tot} + Dif_{tot}$$

Radiación solar directa

La insolación directa total (Dir_{tot}) para una ubicación dada es la suma de la insolación directa ($Dir_{\theta,\infty}$) de todos los sectores del mapa solar:

$$Dir_{tot} = \Sigma\ Dir_{\theta,\infty}$$

La insolación directa del sector del mapa solar ($Dir_{\theta,\infty}$) con un centroide en los ángulos cénit ($_{\theta}$) y el ángulo acimutal (α) se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Dir_{\theta,\infty} = S_{Const} * \beta^{m(\Theta)} * SunDur_{\theta,\infty} * SunGap_{\theta,\infty} * \cos(AngIn_{\theta,\infty})$$

Dónde:

- S_{Const}: es el flujo solar fuera de la atmosfera en el valor medio de la tierra, la distancia del sol, conocida como constante solar. La constante solar utilizada en el análisis es de 1.367 W/m^2. Coincide con la constante solar del Centro Mundial de Radiación (World Radiation Centre, WRC).
- β: es la transmisividad de la atmósfera (el promedio de todas las longitudes de onda) para la ruta más corta (en dirección al cénit).

- $SunDur_{\Theta,\infty}$: es la longitud de ruta óptica relativa que se mide como una proporción en relación con la longitud de ruta del cénit (vea la ecuación 3 más adelante).
- $SunGap_{\Theta,\infty}$: es la duración de tiempo representada por el sector del cielo. Para la mayoría de los sectores, es igual al intervalo diario (por ejemplo, un mes) multiplicado por el intervalo horario (por ejemplo, media hora). Para los sectores parciales (cercanos al horizonte), la duración se calcula mediante la geometría esférica.
- $SunGap_{\Theta,\infty}$: es la fracción de espacio para el sector del mapa solar.
- $AngIn_{\Theta,\infty}$: es el ángulo de incidencia entre el centroide del sector del cielo y el eje normal para la superficie

Longitud óptico-relativa, m(Θ), se determina por el ángulo cénit del sol y elevación sobre el nivel del mar.

Para los ángulos cénit menores que 80°, se puede calcular mediante la siguiente ecuación: $m(\Theta) = EXP(-0.000118 * Elev - 1.638*10^{-9} * Elev^2) / \cos(\Theta)$

Dónde:

- Θ: es el ángulo cénit del sol.
- Elev: es la elevación sobre el nivel del mar, en metros.

Se considera el efecto de la orientación de la superficie al multiplicar por el coseno del ángulo de incidencia. El ángulo de incidencia ($AngInSky_{\Theta,\infty}$) entre la superficie interceptora y un sector de cielo determinado con un centroide en los ángulos cénit y acimutal se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$AngIn_{\Theta,\infty} = acos(Cos(\Theta) * Cos(G_z) + Sin(\Theta) * Sin(G_z) * Cos(\infty - G_a))$$

Dónde:

G_z: es el ángulo cénit de la superficie.

Tenga en cuenta que la refracción es importante para los ángulos cénit mayores que 80°.

G_a, es el ángulo acimutal de la superficie.

Cálculo de la radiación difusa

Para cada sector del cielo, se calcula la radiación difusa en su centroide (Dif), se la integra al intervalo de tiempo y se la corrige con la fracción de espacio y el ángulo de incidencia mediante la siguiente ecuación:

$$Dif_{\theta,\alpha} = R_{glb} * P_{dif} * Dur * SkyGap_{\theta,\alpha} * Weight_{\theta,\alpha} * \cos(AngIn_{\theta,\alpha})$$

Dónde:

- R_{glb} : es la radiación global normal (vea la ecuación 6 más adelante).

- P_{df} : es la proporción del flujo de radiación global normal difundido. Por lo general, es aproximadamente de 0,2 para condiciones de cielo muy claro y de 0,7 para condiciones de cielo muy nublado.
- Dur : es el intervalo de tiempo para el análisis.
- $SkyGap_{\theta,\alpha}$: es la fracción de espacio (proporción de cielo visible) para el sector del cielo.
- $Peso_{\theta,\alpha}$: es la proporción de radiación difusa que se origina en un determinado sector del cielo relacionada con todos los sectores (vea las ecuación 7 y 8 más adelante).
- $AngIn_{\theta,\alpha}$: el ángulo de incidencia entre el centroide del sector del cielo y la superficie interceptora.

La radiación global normal (R_{glb}) se puede calcular mediante la suma de la radiación directa de cada sector (incluidos los sectores obstruidos) sin la corrección para el ángulo de incidencia, y la posterior corrección para la proporción de radiación directa, lo que equivale a $1-P_{dif}$:

$$R_{glb} = (S_{Const}\,\Sigma(\beta^{m(\theta)})) / (1 - P_{dif})$$

Para el modelo difuso de cielo uniforme, $Peso_{\theta,\alpha}$ se calcula de la siguiente manera:

$$Weight_{\theta,\alpha} = (\cos\theta_2 - \cos\theta_1) / Div_{azi}$$

Dónde:

- θ_1 y θ_2: son los ángulos cénit de delimitación del sector del cielo.
- Divazi: es el número de divisiones acimutales en el mapa del cielo.

Para el modelo de cielo cubierto estándar, Pesoθ,α se calcula de la siguiente manera:

$$Weight_{\theta,\alpha} = (2\cos\theta_2 + \cos 2\theta_2 - 2\cos\theta_1 - \cos 2\theta_1) / 4 * Div_{azi}$$

La radiación solar difusa total para la ubicación (Dif_{tot}) se calcula como la suma de la radiación solar difusa (Dif) de todos los sectores del mapa del cielo:

$$Dif_{tot} = \Sigma\, Dif_{\theta,\alpha}$$

Selección de la bomba de alimentación para el sistema de riego

Para seleccionar la bomba será necesario conocer el descenso máximo que experimente el nivel de agua del pozo durante el bombeo, para evitar que este pueda descender por debajo de la entrada a la bomba.

Para pozos con aguas profundas resulta más eficaz el empleo de bombas centrifugas.

Toda bomba deberá trabajar cerca de su máximo rendimiento, el cual se alcanza solo en un estrecho margen de caudal, que será el criterio que se emplee para la selección del tipo de bomba. Esta información aparecerá en las curvas de funcionamiento de la bomba que deberá ser suministrada por e1 fabricante en sus catálogos técnicos. Por lo tanto, el punto de funcionamiento de la bomba será aquel cuyo caudal que suministre este lo más

próximo posible a su punto de rendimiento óptimo, o bien ligeramente a la derecha de este.

Mediante la siguiente expresión se puede calcular el consumo energético (en kWh) de la bomba, en función de su rendimiento (η), del caudal suministrado (Q) y de la altura o presión de descarga (H):

Donde,

KWh = (Q H) / (367-p)

Q es el caudal suministrado por la bomba, en m^3/h

H es la altura de impulsión, en m

η es el rendimiento de la bomba.

Diseño del sistema fotovoltaico

Un sistema autónomo debe generar energía eléctrica y acumularla en baterías para ser utilizada en el momento en que se requiera. Es un sistema más complejo que el conectado a la red.

Cálculos por considerar:

Cálculo de la energía que el usuario necesitaría cada día.

Energía consumida en corriente continua (DC) en Wh:

$$E_{DC}=\sum P_{(DC)i} * t_{d}$$

$P_{(DC)i}$=potencia nominal del equipo i en W

t_{di}=tiempo diario de uso en horas

Energía consumida en corriente alterna (AC) en Wh:

$$E_{AC}=\sum P_{(AC)i} * t_{d}$$

$P_{(AC)i}$=potencia nominal del equipo i en W

t_{di}=tiempo diario de uso en horas

Consumo total diario en Wh:

$$E_T=\frac{E_{DC}}{\eta_{BAT}}+\frac{E_{AC}}{\eta_{BAT}\,\eta_{INV}}$$

$\eta_{BAT}\ \eta_{INV}$= Eficiencia de la batería y del inversor

El método de balance energético parte de la igualdad entre energía consumida por día y energía generada por día:

$$E_T=HPS*P_P N_T$$

La energía generada por día es la potencia pico del panel (se supone que trabajara en el punto de máxima potencia) por el número de horas pico del día, por el número de paneles. Dos estrategias para determinar HPS:

HPS media del peor mes. Minimiza el sistema de acumulación, pero usa más paneles que los estrictamente necesarios.

HPS media del año. Minimiza el número de paneles, pero deberá invertir más en un sistema de acumulación mayor.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como resultado de la investigación presentada se puede concluir que la propuesta del sistema de riego con alimentación fotovoltaica tendrá muchos beneficios y cubrirá las necesidades que se tienen, ya que las energías renovables ofrecen la oportunidad de obtener energía útil para diversas aplicaciones, su aprovechamiento tiene menores impactos ambientales que el de las fuentes convencionales y poseen el potencial para satisfacer todas nuestras necesidades de energía presentes y futuras. Además, su utilización contribuye a conservar los recursos energéticos no renovables y propicia el desarrollo regional.

Por otra parte, para poder llevar a cabo dicho trabajo se deben tomar en cuenta aspectos descritos en esta investigación. Primordialmente se tienen las normas que se deben de tomar en cuenta para realizar ciertas actividades y que el sistema funcione correctamente. También se debe de tener en cuenta el lugar para poder conocer la incidencia solar, se debe seleccionar el sistema de riego agrícola, la obtención del agua, los aspectos eléctricos como la bomba y los elementos del sistema fotovoltaico como lo son los paneles solares. Estos son de gran importancia ya que son los encargados de convertir la energía luminosa del Sol en electricidad; la energía del sol no corre el riesgo de desaparecer, por tanto, no hay que preocuparse de que se agote, al menos en muchos millones de años.

Todos los aspectos mencionados anteriormente se deben seleccionar adecuadamente de acuerdo con el tamaño del sistema de riego a implementar. Se deberán hacer cálculos y estimaciones ya que se deben cubrir todas las necesidades de este.

Es debido a esto que se puede concluir que el sistema de riego con alimentación fotovoltaica puede implementarse siempre y cuando cubra con los aspectos que se mencionan en la investigación. Y serán de gran importancia ya que se atenderían las necesidades que tiene la población rural.

Otro aspecto por considerar son las baterías su función prioritaria es la de acumular la energía que se produce durante las horas de luminosidad para poder ser utilizada en la noche o durante periodos prolongados de mal tiempo.

Actualmente el proyecto está en la etapa de implementación en el rancho la tuna Morelos, Tlalixcoyan, Veracruz y para ello se están considerando los costos de los materiales a utilizar en la elaboración y puesta en marcha del sistema

REFERENCIAS

1.- Ecopotencia. (2010). Incidencia solar. Marzo 9, 2016, de Ecopotencia Sitio web: http://www.ecopotencia.com/incidencia.html

2.- Ecured. (2013). Sistema de riego. Marzo 10, 2016, de Ecured Sitio web: +http://www.ecured.cu/SistemadeRiego

3.- El inversor. Abril 27, 2016, de energía solar fotovoltaica Sitio web: http://energiaso1arfotovo1taica.b1ogspot.mx/2006/01/e1inversor.html

4.- El regulador de carga. Abril 25, 2016, de energía solar fotovoltaica Sitio web: http://energiaso1arfotovo1taica.b1ogspot.mx/2006/01/e1reguladordecarga.html

1.- Fernando. (noviembre 3, 2015). Energías renovables. Febrero 16, 2016, de Erenovable Sitio web: http://erenovable.com/energiasrenovables/energías renovables. (s.f.).

2.- Energías renovables. Febrero 18, 2016, de energías renovables Sitio web: http://www.anes.org/anes/index.php?option=comwrapper&Itemid=l1

4.- Diystart. (2012). La historia del sistema de riego. Marzo 7, 2016, de Diy start Sitio web: http://es.diystart.com/tag/lahistoriadelsistemaderiego-

6.- Presmetal. (2015). Reparación de bomba de agua. Abril 11, 2016, de Presmetal Sitio web: http://www.presmeta1.c1/producto.php?id=33energíasolarfotovoltaica (s.f.).

8.- Enerpoint . (s.f.). El generador fotovoltaico. Abril 18, 2016, de Enerpoint Sitio web: http://www.enerpoint.es/photovoltaictechnology5phpenergíasolarfotovoltaica (s.f.).

10.- Erenovable. (diciembre 28, 2015). Como funcionan los paneles solares. Abril 23, 2016, de Erenovable Sitioweb: http://erenovab1e.com/comofuncionanlospanelessolares/-

11.- Energía solar fotovoltaica. (s.f.). La batería. Abril 24, 2016, de energía solar fotovoltaica Sitio web: http://energiaso1arfotovo1taica.b1ogspot.mx/2006/01/labateria 29.html

CAPÍTULO 5

DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE PAQUETE AERODINÁMICO PARA UN VEHÍCULO DE FÓRMULA SAE

Data de aceite: 01/02/2024

Siro Tagliaferro
Ingeniero de Producción (2012) Universidad Metropolitana de Caracas, MBA (2016) IESA, Data Science (2022) UCV, profesor a tiempo completo de la Universidad Metropolitana de Caracas del departamento de Producción Industrial con más de 5 años de experiencia

Sergio Nuñez
Ingeniero Mecánico (2024) Universidad Metropolitana

RESUMEN: El presente trabajo de investigación propone el diseño de un paquete aerodinámico, compuesto dicho paquete por alerón delantero, alerón trasero y piso, para un prototipo de carreras de Fórmula SAE, el cual tiene como objetivo incrementar las fuerzas aerodinámicas generadas por la interacción entre el prototipo y el aire, generando mayor carga vertical sobre las ruedas y aumentando la tracción generada por los neumáticos. Una vez diseñado el paquete aerodinámico, se propusieron 5 posibles modelos con diferentes configuraciones, para poder estudiarlos y compararlos en cuanto a carga aerodinámica generada, distribución de cargas aerodinámicas y tiempos de vuelta del prototipo. Obteniendo así el modelo prototipo óptimo era aquel que contaba con un paquete aerodinámico completo.
PALABRAS CLAVE: *downforce*, *drag*, alerón, Ansys, Optimum Lap

DESIGN OF A PROTOTYPE AERODYNAMIC PACKAGE FOR AN SAE FORMULA VEHICLE

ABSTRACT: The present research work proposes the design of an aerodynamic package, composed of a front spoiler, rear spoiler and floor, for a Formula SAE racing prototype, which aims to increase the aerodynamic forces generated by the interaction between the prototype and air, generating greater vertical load on the wheels and increasing the traction generated by the tires. Once the aerodynamic package was designed, 5 possible models with different configurations were proposed, in order to study and compare them in terms of aerodynamic load generated, distribution of aerodynamic loads and lap times of the prototype. Thus obtaining the optimal prototype model was the one that had a complete aerodynamic package.
KEYWORDS: downforce, drag, aileron,

Ansys, Optimum Lap

TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE DISEÑO

La técnica de diseño utilizada en este trabajo fue principalmente el diseño de ingeniería, el cual se basa en que se realizan diseños para resolver un problema siguiendo una serie de restricciones y criterios establecidos, esto facilitó la creación de posibles soluciones al problema planteado, descartando aquellas que no eran viables y seleccionar la mejor solución. Posteriormente, se dieron las especificaciones de la solución dada y se documentó y comunicó la solución.

Figura 1: Diagrama de diseño ingenieril

SIMULACIONES DE CFD

La presente metodología para configurar las simulaciones de CFD se obtuvo del curso del programa Ansys Fluent, especializado en estudio de aerodinámica para vehículos de Formula SAE. La misma fue utilizada en todos los programas de CFD usados en el trabajo de investigación.

PREPARACIÓN DE LA GEOMETRÍA

El primer paso para realizar las simulaciones de fluidos fue importar la geometría creada en el programa CAD al programa Ansys SpaceClaim para su preparación, comprobando que no presentaba errores geométricos con la herramienta *"Check geometry"*" del programa y en el caso de presentarse repararlos con las herramientas que brinda el programa o resolverlos desde el programa CAD. Una vez comprobada la geometría, se creó el dominio computacional donde se estudió el fluido. Este resultado por pieza sólo fue posible obtener en el programa Ansys Fluent; para los demás CFD, sólo se obtuvo el resultado global del prototipo.

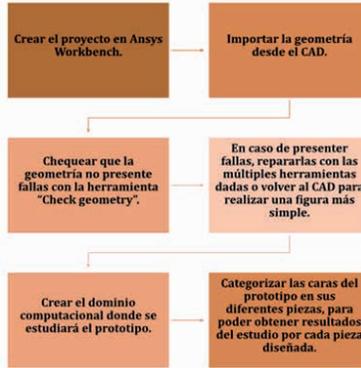



Figura 2: Diagrama de pasos para preparar la geometría del prototipo

MALLADO

Posteriormente, la geometría preparada se transfirió al programa CFD para mallar el prototipo, utilizando el tipo de malla '"*watertight*". Se establecieron parámetros para crear una malla detallada en cada pieza, dependiendo de su tamaño y geometría. Por lo tanto, se creó una malla de superficie en el dominio computacional, se definieron múltiples parámetros como la descripción de la geometría, los límites del dominio computacional, las capas límite en la geometría y, finalmente, se generó una malla volumétrica.

Figura 3: Diagrama de pasos para realizar el mallado en una simulación de CFD

CONDICIONES DE LA SIMULACIÓN

Las condiciones de simulación se definieron como presión, velocidad, área de sección transversal, modelo de viscosidad, densidad del aire, velocidad de entrada del aire, presión de salida del aire, intensidad y viscosidad de la turbulencia del aire en la entrada y salida, velocidad del aire. Se estableció la configuración de la simulación y se definió el número de iteraciones a realizar, la rotación del caucho, velocidad de movimiento del piso y condiciones de la pared del dominio computacional.

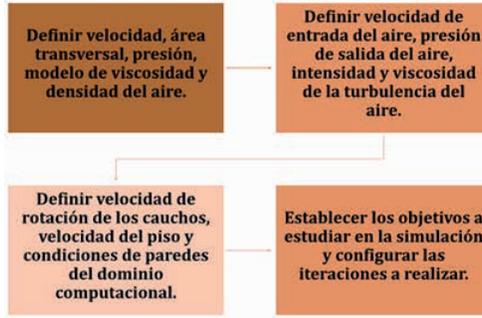



Figura 4: Diagrama de pasos para definir las condiciones de simulación

SIMULACIONES DE VEHÍCULO

Se definieron parámetros de tracción, peso, coeficiente de carga aerodinámica, coeficiente de resistencia aerodinámica, área frontal, densidad del aire, radio del caucho, fricción lateral y longitudinal generada por el caucho, sensibilidad a dichas fricciones, curva de potencia del motor y relaciones de torque. Finalmente, se procedió a la simulación, obteniendo el tiempo de vuelta del prototipo en la pista seleccionada, las fuerzas aerodinámicas y de arrastre generadas en cada tramo de la pista y múltiples datos adicionales que no pertenecen a los límites de estudio de este trabajo de investigación. En el caso de las simulaciones de vehículos, se creó un proyecto en la aplicación Optimum Lap, donde se generaron los modelos de los prototipos a simular.

Figura 5: Diagrama de pasos para configurar una simulación en Optimum Lap

DISEÑO DE PIEZAS EN CAD Y ESTUDIO DE LAS MISMAS EN CFD

Obteniendo como resultado el siguiente dominio computacional:

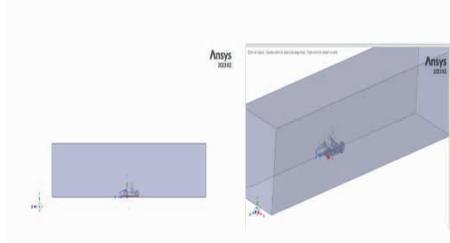



Figura 6: Dominio computacional

MALLADO

En el proceso de mallado se establecieron los parámetros de tamaño para las mallas detalladas de cada pieza, el fabricante recomienda un mallado de la mitad de tamaño utilizado (el doble de calidad), sin embargo, se decidió comprometer la calidad de la malla para poder hacer factible el proyecto, ya que las computadoras de la universidad no tienen suficiente capacidad para realizar simulaciones con dicha calidad

CONFIGURACIÓN DE LAS SIMULACIONES DE CFD

PREPARACIÓN DE LA GEOMETRÍA

Como se comentó anteriormente, el proceso de configuración de la información fue obtenido del curso creado por el fabricante, por lo que múltiples parámetros y especificaciones de la simulación se mantendrán como lo recomienda el fabricante.

Para la preparación de la geometría se siguieron los pasos descritos en la metodología y se usaron los siguientes parámetros para definir el dominio computacional:

Ejes	Medidas (mm)
X	3000
Y	3000
Z	9000

Tabla 1: Dimensiones del dominio computacional

Pieza	Mínimo (mm)	Máximo (mm)
Chasis	16	64
Trompa	16	64
Mesetas	8	32
Ruedas	32	64
Contact patch	2	8
Efecto suelo	16	64
Alerón delantero	1	24
Alerón trasero	1	24

Tabla 2: Parámetros de dimensiones para mallado por pieza

El programa recibe parámetros del tamaño mínimo y máximo que puede usar para

crear las celdas del mallado, creando una malla con múltiples tamaños dependiendo de lo compleja que sea la geometría en diferentes puntos. Con los parámetros seleccionados se obtuvo una malla con alrededor de 3 millones de celdas, dependiendo de la geometría y cantidad de partes estudiadas. Esto generó una malla de calidad media según la tabla 2 de convergencia de malla.

Luego, se procedió a hacer un mallado de superficie del dominio computacional a estudiar, para el cual se utilizó un tamaño mínimo de celda de 1 mm y un tamaño máximo de 512 mm, siendo el doble de lo recomendado por el fabricante.

Figura 7: Mallado superficial del prototipo en Ansys

Posteriormente, se procedió a crear las capas límite para el estudio del carro, las cuales según Ansys debían tener las siguientes especificaciones:

Parámetro	Tipo / dimensión
Off set type	*Last-ratio*
Number of layers	10
Transition ratio	0,2
First height	0,5 mm

Finalmente, se procedió a realizar un mallado volumétrico dentro del dominio computacional, el cual tuvo las siguientes especificaciones:

Parámetro	Tipo / dimensión
Fill with:	Poly-hexcore
Peel layers	1
Min cell lenght	1 mm
Max cell lenght	512 mm

Tabla 4: Parámetros para la malla volumétrica en Ansys Fluent

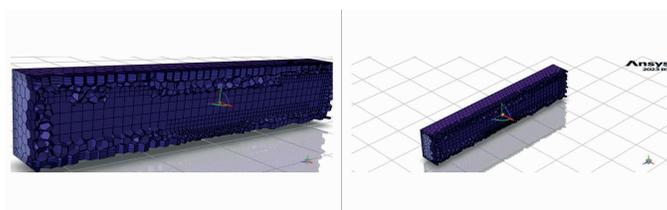



Figura 7: Mallado volumétrico del dominio computacional en Ansys Fluent

CONDICIONES DE SIMULACIÓN

Para las condiciones de simulación se establecieron los siguientes parámetros para buscar datos de fuerza de *downforce*, *drag* y momento generado por el prototipo:

Parámetro	Tipo / dimensión
Velocidad del fluido	40 km/h
Presión	Atmosférica
Velocidad de rotación de los cauchos	42,67 rad/s
Modelo de turbulencia	K-omega SST
Número de iteraciones	600

Tabla 5: Condiciones de simulaciones de CFD

Configuración de las simulaciones en Autodesk CFD

Para la configuración de simulaciones en el programa Autodesk CFD, fueron establecidas las mismas condiciones y parámetros que se aplicaron en el programa Ansys Fluent, a diferencia de la configuración de la malla. El proceso de mallado en el programa Autodesk CFD es mucho más básico que en Ansys Fluent, sin ofrecer la opción de establecer diferentes tamaños de malla para cada pieza, por lo que el parámetro establecido para considerar que la mallas eran equivalentes fue usar la misma cantidad de celdas y los mismos parámetros para la capa límite.

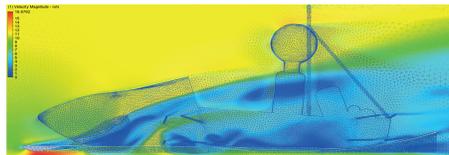



Figura 8: Mallado volumétrico en el programa Autodesk CFD

Diseño de Piezas y Estudio de CFD

Con datos proporcionados por la agrupación estudiantil, se diseñó un modelo simplificado que simuló la figura del prototipo de Formula SAE del 2024, y en base a esto se inició el diseño de las trompas para el prototipo. No se dio mucha profundidad al diseño de la trompa, puesto que no aporta valor a la generación de *downforce* y *drag*, su función principal es hacer que el prototipo pase las reglas, ya que dicha pieza es obligatoria.

Figura 9: Modelo de chasis para simular en CFD

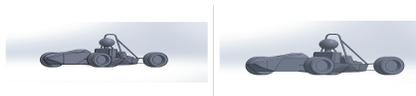



Figura 10: Trompa con chasis V1 y V2

Simulación	CD	CL	Eficiencia
Trompa con chasis V1	0,989969222	0,701232158	0,708337332
Trompa con chasis V2	0,956847129	0,719464194	0,751911327

Tabla 6: Resultados de coeficientes de *Lift* y *Drag* para las trompas

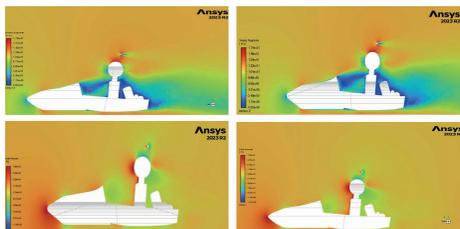



Figura 11: Comparación de flujo trompa V1 vs trompa V2

SUELO

El diseño de esta pieza inició con el estudio del comportamiento del fluido a múltiples geometrías, puesto que se tenía una referencia de cómo configurar los ángulos, pero se deseaba comprobar experimentalmente lo que se encontró en las referencias bibliográficas. Este estudio se realizó en unas simulaciones más básicas de CFD en el programa SolidWorks, a una velocidad de 40 km/h y una altura de 70 mm en la zona de baja presión con respecto al piso, variando entre cada modelo ángulo de entrada, ángulo de salida y espacio plano en el medio (zona de baja presión) obteniendo los siguientes resultados.

Number	Inlet Angle	Outlet Angle	Middle Distance (mm	Lift coefficien	Drag coefficien	Efficiency
9	5°	20°	200	-0,8501	0,3137	-2,7100
8	5°	15°	200	-0,7403	0,2849	-2,5983
6	5°	20°	100	-0,8131	0,3130	-2,5978
5	5°	15°	100	-0,7077	0,2861	-2,4731
2	5°	15°	50	-0,7035	0,2989	-2,3534
18	10°	20°	200	-0,8200	0,3574	-2,2947
15	10°	20°	100	-0,7848	0,3592	-2,1851
12	10°	20°	50	-0,7791	0,3587	-2,1722
11	10°	15°	50	-0,7065	0,3304	-2,1383
3	5°	20°	50	-0,6480	0,3147	-2,0590
4	5°	10°	100	-0,5879	0,2947	-1,9949
14	10°	15°	100	-0,6693	0,3421	-1,9562
1	5°	10°	50	-0,6023	0,3088	-1,9502
17	10°	15°	200	-0,0687	0,0354	-1,9405
21	15°	20°	50	-0,7565	0,4172	-1,8133
24	15°	20°	100	-0,7603	0,4243	-1,7918
27	15°	20°	200	-0,7753	0,4350	-1,7822
20	15°	15°	50	-0,6916	0,4022	-1,7194
7	5°	10°	200	-0,6000	0,3627	-1,6546
16	10°	10°	200	-0,5693	0,3543	-1,6068
10	10°	10°	50	-0,5593	0,3687	-1,5167
23	15°	15°	100	-0,6395	0,4248	-1,5056
26	15°	15°	200	-0,6407	0,4329	-1,4800
13	10°	10°	100	-0,5301	0,3656	-1,4499
22	15°	10°	100	-0,3742	0,3562	-1,0506
25	15°	10°	200	-0,3780	0,3617	-1,0451
19	15°	10°	50	-0,3656	0,3551	-1,0295

Tabla 7: Resultados de estudio de CFD para diferentes perfiles y ángulos de ataque

Se puede observar que los difusores con ángulos de entrada pequeños, ángulos de salida grandes y largas zonas de baja presión, son los que tienen la mayor eficiencia entre el *downforce* y el *drag* generados, por lo que se prosiguió a hacer un modelo inicial de suelo para el prototipo siguiendo dicha tendencia y las dimensiones dadas por la agrupación y el reglamento de la competencia.

Figura 12: Primer modelo de suelo

Posteriormente, se llevó a cabo un proceso iterativo donde se fueron probando múltiples alternativas para el diseño del efecto suelo. En la siguiente tabla se puede observar cómo fueron variando los coeficientes de *lift* y *drag* de las diferentes configuraciones de suelo.

Simulación	CD de la pieza estudiada	CL de la pieza estudiada	Eficiencia	Descrición
Carro solo V1	0,071303801	0,047792795	0,64784426	Trompa simple
Carro solo V2	0,073772044	0,046581672	0,631427154	Trompa mejorada
Suelo V1	0,064993953	-0,204681965	-2,774519387	Efecto suelo inicial
Suelo V2	0,074963698	-0,320256825	-4,341167867	Parte plana en el chasis
Suelo V3	0,071176112	-0,330873482	-4,485079524	Difusores laterales más bajos
Suelo V4	0,070302253	-0,532962559	-7,224451605	Difusor de salida muy largo
Suelo V5	0,078602653	-0,497915944	-6,749385259	Separadores de flujo rectos
Suelo V6	0,073679091	-0,384430667	-5,211061644	Mix entre 5 y 4, angulo de entrada menor
Suelo V7	0,05767675	-0,45941028	-6,227430566	Gotas en las puntas, revertimos difusor largo, filet en efecto suelo
Suelo V8	0,065351614	-0,401375718	-6,141787412	Difusor de salida muy largo, lateral mas bajo, gotas en las puntas
Suelo V9	0,078407048	-0,424621854	-5,415608239	Canales para sacar aire turbulento

Tabla 8: Resultados de simulación de modelos de suelos

Al comparar los resultados obtenidos, se observó que la configuración más eficiente fue el modelo 4, el cual tiene una eficiencia de 7,22 newtons de *downforce* por cada newton de *drag* generado. Una vez definida la geometría óptima para el efecto suelo, se procedió a diseñar otros modelos con elementos adicionales como separadores de flujo y placas para evitar que el aire de los cauchos afectará al efecto del suelo, estos accesorios fueron recomendados por el asesor Ing. José Gómez (comunicación directa).

	Drag force	23,56748638		Drag coefficient	0,846758	
Part	Pressure	Viscous	Total	Pressure	Viscous	Total
Chassis	6,141720018	0,242785932	6,38450595	0,220666273	0,008723	0,229389346
Front wheel	6,017424023	1,243845422	7,261269445	0,21620044	0,04469	0,260890648
Nosecone	1,799338828	0,215650912	2,01498974	0,064648567	0,007748	0,072396703
Rear wheel	4,185976976	0,919880092	5,105857068	0,150398249	0,03305	0,183448683
Rods	0,983890361	0,054913786	1,038804147	0,035350264	0,001973	0,037323266
Tray	0,500676133	0,300060053	0,800736186	0,017988827	1,08E-02	0,028769705
Under	0,658428759	0,302895089	0,961323848	0,023656732	1,09E-02	0,034539471
Total	19,62902634	2,977136196	23,56748638	0,728909353	0,117848	0,846757822

Tabla 9: Resultados de fuerzas y coeficientes de *drag* obtenidos para el modelo óptimo de suelo

	Lift force	-6,063735711		Lift coefficient	-0,217378793	
Part	Pressure	Viscous	Total	Pressure	Viscous	Total
Chassis	2,904886986	-0,01321235	2,891674636	0,104137254	-0,000473649	0,103663605
Front wheel	3,976134815	0,791945219	4,768080034	0,142540406	0,028390434	0,17093084
Nosecone	3,229911683	0,026892208	3,256803891	0,115789063	0,000964058	0,116753122
Rear wheel	0,751902223	0,059249957	0,81115218	0,026954933	0,002124051	0,029078984
Rods	0,177310992	0,007963645	0,185274637	0,00635642	0,000285489	0,006641908
Tray	-6,069101634	0,011105157	-6,057996477	-0,217571149	3,98E-04	-0,217173041
Under	-11,91512275	-0,003601866	-11,91872461	-0,427145087	-0,000129123	-0,42727421
Total	-6,944077681	0,88034197	-6,063735711	-0,24893816	0,031559368	-0,217378793

Tabla 10: Resultados de fuerzas y coeficientes de *lift* obtenidos para el modelo óptimo de suelo

Esta pieza, establecida como la óptima entre las estudiadas, posee las siguientes dimensiones para los difusores laterales: un ángulo de entrada de 5 grados, un ángulo de salida de 20 grados, una zona de baja presión de 400 mm y la longitud del difusor de salida corresponde a la mitad del tamaño de la pieza. En la parte inferior al chasis, sigue la curva del chasis hasta el punto más bajo del mismo, siguiendo con una zona de baja presión de 400 mm y un difusor de salida de 20 grados y 800 mm de longitud.

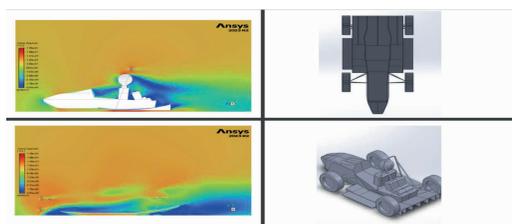



Figura 12: Resultados del suelo óptimo entre los estudiados

Alerón delantero

Para el diseño de esta pieza se realizó inicialmente un estudio en SolidWorks de los perfiles aerodinámicos anteriormente mencionados a 40 km/h de forma individual, buscando comparar la eficiencia de cada perfil en diferentes ángulos de ataque.

Perfil	Ángulo de ataque	Velocidad (m/s)	Density (Kg/m^3)	Area (m^2)	Lift coeficient	Drag coeficient	Efficiency
E423	15°	11,11	1,246	0,054	-1,187958286	0,564478861	-2,104522
E424	30°	11,11	1,246	0,087	-1,156029058	0,741987101	-1,558018
E425	5°	11,11	1,246	0,033	-0,590706199	0,577307926	-1,023208
S1221	5°	11,11	1,246	0,025	-1,111079348	0,188300901	-5,900552
S1221	15°	11,11	1,246	0,046	-1,376466919	0,593104867	-2,320782
S1221	30°	11,11	1,246	0,078	-1,397118526	0,674718219	-2,07067
S1223	15°	11,11	1,246	0,05	-1,745944677	0,467631242	-3,733593
S1223	5°	11,11	1,246	0,03	-1,103623603	0,485923825	-2,271186
S1223	30°	11,11	1,246	0,08	-1,460697422	0,72839808	-2,005356

Tabla 11: Resultados de estudios de perfiles aerodinámicos

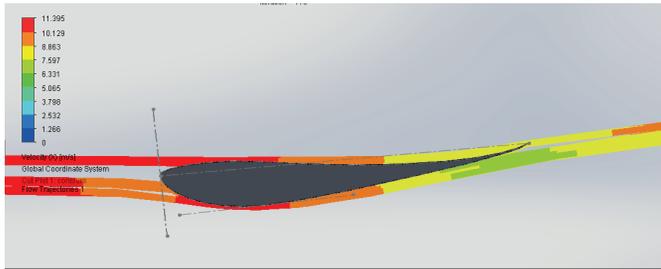



Figura 14: Líneas de velocidad en el perfil aerodinámico S1221 a 5 grados de inclinación

Como se puede observar, el mejor perfil aerodinámico de los estudiados fue el S1221 con una eficiencia máxima a un ángulo de 5 grados. Posteriormente, se procedió a simular alerones de múltiples perfiles, dejando una separación entre cada *flap* de 1,5% del *chord line* y un solapamiento entre los perfiles del 3%, usando un tamaño de 47% del *chord line* para el elemento principal, 20% para el segundo elemento y 16 % para los últimos dos elementos.

En la siguiente tabla se puede observar el estudio de 3 alternativas de posición para los perfiles de los alerones delanteros y traseros, usando el perfil aerodinámico S1221 y evaluando la eficiencia con diferentes cantidades de alerones.

Tipo	Flaps	Ángulo de ataque	Fuerza de Lift (N)	CL	Fuerza de drag (N)	CD	Eficiencia	Area (m^2)	Velocidad (m/s)
Sutil	1	5	-1,19752	-0,005479199	0,522255	0,002389554	-2,29298	1,54455E-05	11,11
	2	15	-1,70211	-0,014414831	0,891694	0,007551579	-1,90885	2,85884E-05	
	3	25	-2,43243	-0,029489786	1,3833	0,016770563	-1,75843	0,000040926	
	4	35	-3,13196	-0,052652827	2,07479	0,034880254	-1,50953	0,000056751	
Medio	1	10	-1,67191	-0,010120932	0,622574	0,003768761	-2,68548	2,0435E-05	
	2	20	-2,20123	-0,023641978	1,17626	0,012633443	-1,87138	3,62565E-05	
	3	30	-2,96243	-0,044197007	1,83686	0,027404433	-1,61277	5,03631E-05	
	4	40	-3,79387	-0,076234227	2,63029	0,052853188	-1,44238	6,78322E-05	
Agresivo	1	15	-1,98929	-0,015059732	0,77737	0,005885006	-2,559	2,55557E-05	
	2	25	-2,92071	-0,038124974	1,43203	0,018692751	-2,03956	4,40645E-05	
	3	35	-3,73346	-0,066236156	2,16152	0,038348014	-1,72724	5,98896E-05	
	4	45	-4,40435	-0,102946724	3,08303	0,072062356	-1,42858	7,89039E-05	

Tabla 12: Resultados de simulación de perfiles con múltiples flaps

Seguidamente, se procedió a diseñar 3 modelos de alerones delanteros, uno de cada tipo para evaluar qué niveles de *downforce* o *drag* son alcanzados al realizar el estudio

con el carro completo y tomando en cuenta que cumpla con las reglas de la competencia. Para la simulación de CFD de esta pieza, no se pudo utilizar los programas de Ansys por falta de capacidad de las computadoras, por lo que se prosiguió a realizar las simulaciones en el programa de Autodesk CFD con los mismos parámetros y condiciones aplicados en todas las simulaciones anteriormente realizadas.

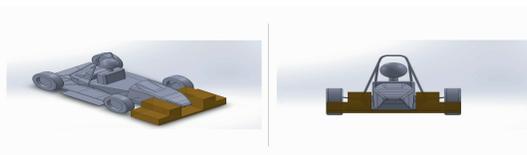



Figura 15: Zona disponible para diseñar el alerón delantero

En la imagen anterior, se pueden observar las áreas disponibles para diseñar los modelos de alerón delantero según el reglamento de la competencia y limitaciones del equipo como la altura con respecto al suelo por parte de la división de suspensión. Estas restricciones fueron bastantes determinantes para escoger la cantidad de perfiles de cada modelo para el alerón, puesto que no se querían hacer *flaps* con un *chord line* menor a 120 mm porque se vuelven muy complicados de fabricar y se deseaba abarcar todo el espacio disponible para diseñar en la medida de lo posible.

Alerones delanteros							
Modelo	Fuerza de drag (N)	Coeficiente de drag	Fuerza de downforce	Coeficiente de downforce	Eficiencia	Área (m)	Velocidad (m/s)
Sutil	25,7199	0,896947701	15,9335	0,555659866	0,619500853	0,387189	11,11
Medio	27,0413	0,928668589	16,2343	0,557528095	0,600352054	0,393176	
Agresivo	27,8724	0,965060535	17,1689	0,594460033	0,615982119	0,389978	
Sutil 4 flaps	26,991	0,924034924	27,6098	0,945219497	1,022926161	0,394413	

Tabla 15: Resultados de estudios de CFD para alerones delanteros

En la tabla anterior se puede observar los datos y resultados de cada modelo probado, siendo el más eficiente el alerón con un ángulo sutil. Se decidió hacer un modelo con un *flap* adicional en la parte del medio, ya que la restricción de altura en dicha zona lo permitía. Esta configuración final dio un resultado bastante satisfactorio, generando grandes cantidades de *downforce* adicional y muy poco *drag*.

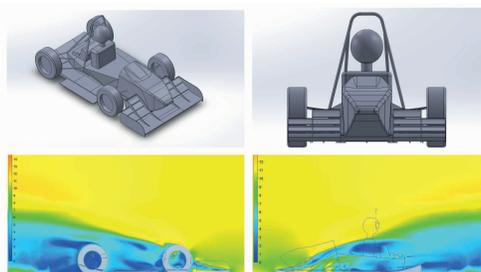



Figura 16: Resultados del alerón delantero óptimo

Alerón trasero

Para el diseño del alerón trasero fueron utilizados los estudios de perfiles aerodinámicos previamente realizados para el alerón delantero. Se diseñaron 3 modelos de alerón trasero, uno de cada tipo, usando la configuración de 3 perfiles para los alerones de ángulo medio y agresivo, y 4 perfiles para el alerón sutil, ya que se buscaba la configuración de perfiles que se ajustara mejor al espacio disponible para la pieza y que el último *flap* no fuera tan pequeño como se mencionó anteriormente, ya que los *flaps* pequeños son más difíciles de fabricar. El estudio de esta pieza también se realizó en el programa Autodesk CFD.

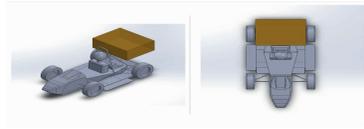



Figura 17: Zona disponible para diseñar el alerón trasero

En la imagen anterior se puede observar la zona disponible para diseñar el alerón trasero, según el reglamento de la competencia y las limitaciones del equipo como la altura mínima del alerón, ya que debe quedar suficiente espacio para accesorios del motor y accesorios.

Alerones traseros							
Modelo	Fuerza de drag (N)	Coeficiente de drag	Fuerza de downforce	Coeficiente de downforce	Eficiencia	Área (m)	Velocidad (m/s)
Sutil	36,7013	0,97924586	30,2582	0,807334265	0,824444911	0,50607	11,11
Medio	37,494	0,985816204	35,8116	0,941581468	0,955128821	0,513554	
Agresivo	40,7652	1,047333543	30,6125	0,786491863	0,750946886	0,525564	

Tabla 16: Resultados de estudio de CFD para alerones traseros

La configuración más eficiente para el alerón trasero fue la media, esta pieza a diferencia de las otras tiene un impacto mayor en la generación de fuerzas, ya que se encuentra en una zona del vehículo donde no hay tantas superficies interfiriendo y posee gran tamaño.

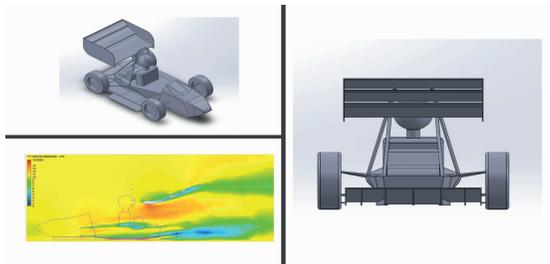



Figura 18: Resultados del alerón trasero óptimo

Paquete aerodinámico completo

Posteriormente, se decidió estudiar en CFD las fuerzas generadas por el prototipo con el paquete aerodinámico completo, obteniendo los siguientes resultados.

Modelo	Fuerza de drag (N)	Coeficiente de drag	Fuerza de downforce	Coeficiente de downforce	Eficiencia	Área (m)	Velocidad (m/s)
Paquete aerodinámico completo	39,8303	0,996285825	52,5667	1,314864765	1,31976661	0,539822	11,11

Tabla 17: Resultados de estudio de CFD para prototipo con paquete aerodinámico completo

Figura 19: Gráfico de fuerzas generadas por el prototipo con paquete aerodinámico completo

En la gráfica anterior se puede observar cómo aumentan las fuerzas de *downforce* y *drag*s generadas por el prototipo con el paquete aerodinámico completo, observando que a mayores velocidades la diferencia entre ambas fuerzas va aumentando, esto debido gracias a la eficiencia aerodinámica obtenida de 1,31.

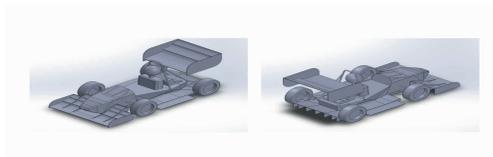



Figura 20: Imágenes del prototipo con paquete aerodinámico completo

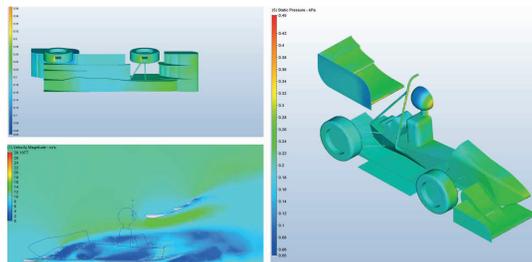



Figura 21: Planos de velocidad y zonas de baja presión para el prototipo con paquete aerodinámico completo

En la imagen inferior izquierda ubicada en la figura anterior, se puede observar un

plano que estudia la velocidad de fluido en el modelo que posee la aerodinámica completa, notando cómo trabajan en conjunto ambos alerones para redireccionar el fluido y acelerarlo. En las otras dos imágenes se observa cómo se generan zonas de alta presión en la parte superior de los alerones, y como se generan zonas de baja presión en la parte inferior de los alerones y el suelo del prototipo.

PLANTEAMIENTO DE MODELOS A COMPARAR

Por último, una vez hallados los modelos óptimos de cada pieza del paquete aerodinámico, se establecieron 5 modelos para comparar los coeficientes de *downforce* y *drag* generados por cada uno, así como estudiar balance aerodinámico y tiempos de vuelta en las siguientes fases del proyecto. En la siguiente tabla se pueden observar los resultados obtenidos para los diferentes modelos de prototipo:

Modelo	Coeficiente de *downforce*	Coeficiente de *drag*	Eficiencia aerodinámica
Carro sin paquete aerodinámico	-0,70123	0,98996	-0,70833
Carro con suelo	0,21737	0,84675	0,25671
Carro con suelo y alerón delantero	0,945219497	0,924034924	1,022926161
Carro con suelo y alerón trasero	0,941581468	0,985816204	0,955128821
Carro con paquete aerodinámico completo	1,1101311196	0,68727946	1,615254435

Tabla 16: Configuraciones de prototipos a estudiar en las próximas fases

DISTRIBUCIÓN DE FUERZAS AERODINÁMICAS DEL PROTOTIPO

Es importante conocer la distribución de fuerzas aerodinámicas del prototipo para realizar un estudio de cómo será la dinámica del vehículo. Según la bibliográfica, el mejor escenario para la distribución de fuerzas aerodinámicas es que sean proporcionales a la distribución de peso del carro en estático, que en este caso según la agrupación de Fórmula SAE de la UNIMET está en un 48% en el eje delantero y 52% en el eje trasero.

En caso de no cumplirse dicha distribución, se deberá hacer un ajuste de la suspensión para mantener un comportamiento del vehículo estable en diferentes velocidades y casos como curvos, frenados y acelerones. Para el cálculo del balance aerodinámico del vehículo, se utilizaron los resultados obtenidos por los programas de CFD de fuerzas de *drag* y *downforce* generadas por el prototipo y el centro de fuerzas, para ser planteado posteriormente un balance de fuerzas en el prototipo.

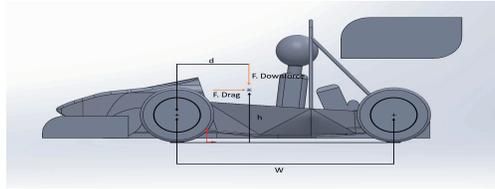



Figura 22: Balance de fuerzas del prototipo

En la figura anterior se puede observar el planteamiento del balance de fuerzas, siendo “d” la distancia entre el caucho delantero y el centro de fuerzas y W la distancia entre ambos cauchos. Planteando un equilibrio de momentos en la rueda delantera, se obtuvo la siguiente ecuación:

$$Fr = \frac{d.Fdownforce}{W}$$

Ecuación 1: Cálculo de la fuerza de downforce aplicada en el eje trasero

Donde “Fr” es la reacción de la fuerza trasera y Fdownforce es la fuerza de *downforce* aplicada, y con la siguiente fórmula se pudo obtener la fuerza aplicada en el eje delantero:

$$Fdownforce = Fr + Ff$$

Ecuación 2: Cálculo de la fuerza de downforce aplicada en el eje delantero

Donde “Ff” es la reacción de la fuerza delantera. Una vez planteado este cálculo se procedió a ser aplicado en todos los modelos de prototipos, obteniendo los siguientes resultados.

Modelo	*Downforce* (N)	Dz (m)	d (m)	*Wheelbase* (m)	Ff (N)	Fr (N)	Ff %	Fr %
Carro sin paquete aerodinamico	-17,7384	-0,1047	0,3139	1,5300	-14,0989	-3,6395	79,48%	20,52%
Carro con suelo	-6,0637	-0,3893	0,5985	1,5300	-3,6919	-2,3718	60,89%	39,11%
Carro con suelo y alerón delantero	27,6098	-0,1944	0,4036	1,5300	20,3266	7,2832	73,62%	26,38%
Carro con suelo y alerón trasero	35,8116	-0,6210	0,8302	1,5300	16,3804	19,4312	45,74%	54,26%
Carro con paquete aerodinámico completo	52,5667	-0,4441	0,6533	1,5300	30,1215	22,4452	57,30%	42,70%

Tabla 17: Resultados del balance aerodinámico para prototipos creados

El prototipo con suelo y alerón trasero poseen balance de fuerzas equitativo con respecto a la distribución de peso, lo cual hace que no se tengan que realizar ajustes mayores en la división de suspensión para tener un comportamiento estable del vehículo al ser manejado. Por otro lado, los prototipos con el paquete aerodinámico completo y carro con suelo poseen una distribución más desequilibrada, apuntando ligeramente a generar mayores fuerzas aerodinámicas en el eje delantero.

Por último, se observó que los modelos menos eficientes son los que no poseen

aerodinámica y el modelo que posee solamente suelo y alerón delantero, los cuales generaron una distribución de fuerzas notoriamente disparejas, situándose en el eje delantero del prototipo.

SIMULACIONES DE VUELTA

Finalmente, se procedió a realizar simulaciones de vuelta para evaluar y comparar el desempeño de cada uno de los modelos establecidos anteriormente. Estas simulaciones fueron realizadas en el programa Optimum Lap y se utilizó una pista de *Endurance* de Formula SAE del año 2012 obtenida en la base de datos del programa.

FSAE Endurance Michigan 2012, Brooklyn - MI, USA

Figura 23: Pista utilizada para las simulaciones de Optimum Lap

Esta pista tiene un recorrido de 1099 metros, de los cuales 44,22% son curvas a la izquierda, 51,42% son curvas a la derecha y sólo 4,37% son rectas. La recta de mayor longitud es de 3 metros y se tiene un radio de curvatura mínimo de 7,52m. Estas características se acoplan perfectamente con la descripción dada en las reglas, siendo circuitos de bajas velocidades promedio y altas exigencias para el prototipo y el piloto.

Para realizar las simulaciones del programa, es importante definir otras variables como peso del prototipo, curvas de potencia, relaciones de la caja y fricción longitudinal y lateral generada por los cauchos, además de los resultados de coeficientes de *drag* y *downforce* obtenidos anteriormente. Estas variables fueron facilitadas por el equipo de Fórmula SAE Unimet y se encuentran en las siguientes tablas:

Componente	Peso (Kg)
Silenciador	5
Diferencial y cadena	15
Radiador	5
Alerón Trasero	8
Pingel	2
Intake	2
Motor	50
Escape	3
Tanque de gasolina	8
Throttle Body	0,6
Piso plano y Difusor	10
Eléctrica y Cableado	10
Suspensión	65
Líneas de freno	2,5
Chasis	40
Asiento, Pantalla, Apoyacabeza	8
Piloto	80
Dirección	3,5
Pedalera	4
Alerón Delantero	6,5
Total	328,1

Tabla 18: Peso del prototipo referencial por cada componente

Datos generales de los prototipos				
Modelo	Peso (Kg)	CL	CD	Área frontal
Carro solo	303,6	0,701232	0,989969	0,334651
Carro con suelo	313,6	-0,21738	0,846758	0,3681458
Suelo + alerón delantero	320,1	-0,94522	0,924035	0,394413
Suelo + alerón trasero	321,6	-0,94158	0,985816	0,5135544
Paquete completo	328,1	-1,11013	0,687279	0,5398216

Tabla 19: Datos generales de los prototipos a simular

Relaciones de caja		
Velocidad	Relación de transmisión	Punto de cambio (RPM)
Marcha 1	2,923	8590
Marcha 2	2,055	8600
Marcha 3	1,666	8550
Marcha 4	1,450	8500
Marcha 5	1,272	8150
Marcha 6	1,153	8500

Tabla 20: Relaciones de la caja de cambios del prototipo de fórmula SAE

Velocidad del motor (RPM)	Torque del motor (N.m)
3000	39,96
3500	46,38
4000	53,62
4500	55,52
5000	56,02
5500	56,74
6000	62,68
6500	63,63
7000	65,33
7500	66,41
8000	68,08
8500	69,66
9000	68,6
9500	65,15
10000	62,54
10500	60,37
11000	57,75
11500	55,47
12000	53,88
12500	52,95
13000	51,66
13500	49,23
14000	46,06
14500	42,8
15000	39,75

Tabla 21: Curva de potencia del motor

Datos de cauchos	Valor
Radio de caucho	0,26 m
Fricción longitudinal	2,05 @ 117,93Kg
Sensibilidad de fricción longitudinal	0,001
Fricción lateral	2,117 @ 45Kg
Sensibilidad de fricción lateral	0,002

Tabla 22: Datos de cauchos

Es importante mencionar que el programa Optimum Lap simula tiempos de vuelta perfectos, suponiendo que el conductor tomará las curvas a la máxima velocidad posible

sin perder tracción, utilizará la curva de potencia del motor con las relaciones de la caja de cambios perfectamente y utilizará el freno sólo cuando sea inevitable. Por tanto, este programa apoyará identificar qué tiempos de vuelta podríamos conseguir, pero generalmente los tiempos de vuelta en la vida real son mayores. Una vez definidos todos los modelos a estudiar con los datos antes mencionados, se realizaron las simulaciones de regreso a pista obteniendo los siguientes resultados.

Resultados			
Modelo	Tiempos de vuelta (s)	Downforce máximo (N)	Drag máximo (N)
Carro solo	46,220	-339,09	474,05
Carro con suelo	45,378	115,02	460,114
Suelo + alerón delantero	44,778	554,612	542,287
Suelo + alerón trasero	44,849	688,341	720,493
Paquete completo	44,502	1006,248	762,147

Tabla 23: Resultados de simulaciones de Optimum Lap

Se observó que mejoran considerablemente los tiempos de vuelta a medida que se le agregan componentes aerodinámicos, a pesar de que el prototipo aumente de peso alrededor de 25 kilos al agregar todos los componentes diseñados, la generación de *downforce* y el manejo adecuado del *drag* hace que de todas maneras sea más eficiente en la pista.

Modelo Óptimo

La competición Fórmula SAE es una competición de ingeniería que evalúa mucho más que un prototipo de alta velocidad, considerando múltiples aspectos adicionales como seguridad, investigación, desarrollo, gestión de costes, modelos de negocio, creatividad y criterios de ingeniería. Por lo tanto, en esta fase se evalúan las características de los modelos prototipo propuestos anteriormente, buscando encontrar la alternativa que proporcione mayor beneficio al grupo en la competencia. Año tras año, dentro del grupo Fórmula SAE Unimet se debate si lo más eficiente es agregar un paquete aerodinámico completo o parcial, ya que esto requiere una inversión considerable de presupuesto, estudio y tiempo de fabricación que podría invertirse en otras áreas.

Por lo que se plantea la siguiente matriz de decisión, tomando en consideración los criterios anteriormente descritos

Criterios / modelos	Carro sin paquete aerodinámico	Carro con suelo	Carro con suelo y alerón delantero	Carro con suelo y alerón trasero	Carro con paquete aerodinámico completo
Tiempos de vuelta	1	2	4	3	5
Investigación, desarrollo y creatividad	1	2	3	3	4
Costos y tiempos de manufactura	5	4	3	3	1
Seguridad	1	2	3	3	5
Balance aerodinámico	1	2	1	4	3
Total	9	12	14	17	18

Tabla 24: Matriz de decisión de modelo óptimo

La puntuación de tiempos de vuelta y equilibrio aerodinámico se asignó del 1 al 5 según los mejores resultados del trabajo de investigación. Por lo tanto, se puede observar que el modelo óptimo desarrollado durante este trabajo de grado es el modelo con el paquete aerodinámico completo, ofreciendo al grupo de estudiantes el mejor desempeño para las pruebas de competencia de Fórmula SAE Michigan. Finalmente, para el criterio de seguridad se tuvo en cuenta el coeficiente de carga aerodinámica, ya que a mayor carga aerodinámica generada, mayor será la fuerza vertical sobre los neumáticos y por tanto mayor tracción, haciendo que el prototipo sea menos susceptible a perder el control.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- El paquete aerodinámico completo contemplado por el piso, alerón delantero y alerón trasero fue diseñado en un programa de diseño asistido por computadora que cumple satisfactoriamente con las limitaciones establecidas en el reglamento de competencia y se acopla con los diseños de otras divisiones del grupo
- Se plantearon 5 modelos para estudiar en programas de dinámica computacional de fluidos, incrementando la cantidad de componentes aerodinámicos en cada modelo y estudiando las fuerzas que generaban al estar en contacto con el aire a una velocidad de 40km/h.

Recomendaciones

- Se sugiere el estudio de implementación de sistemas de reducción de *drag* para un prototipo de Formula SAE con base en esta investigación.

- La validación de los resultados obtenidos en las simulaciones de CFD, mediante la toma de resultados experimentales de un prototipo a escala que pueda ser estudiado en el túnel de viento de la universidad.

REFERENCIAS

Angelini, L (2019). Aerodynamic design and production of the front wing for Formula Student vehicle. [Master of Science, Politecnico di Torino].

Arscott, P (2016). Multi Objective Aerodynamic Design in Formula SAE. [Master of Science, Oregon State University].

AERODYNAMICS ANALYSIS OF A FORMULA SAE CAR. [Indian institute of Technology Madras]. https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf

Jensen, K. (2011). Aerodynamic Undertray Design for Formula SAE. [Master of Science, Oregon State University].

Katz, J. (1995). Race car aerodynamics: designing for speed (2nd ed.). Bentley publishers Optimum G (2023). Optimum Lap. Recuperado de: https://optimumg.com/product/optimumlap/

SAE international (2023). Student events. Recuperado de: https://www.sae.org/attend/student-events

Seward, D (2014). Race car design. Palgrave.

Skitter Yaeger (14 de Julio de 2023). Adding aero, justifying aero. Design Judges. Recuperado de: Adding Aero, Justifying Aero — DesignJudges.com

TotalSim (2016). Secrets of Formula 1 Part 2 – Importance of Aerodynamics. Recuperado de: https://www.totalsimulation.co.uk/secrets-formula-1-part-2-importance-aerodynamics

ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA INDUSTRIAL; MÓDULO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN EL TECNM, CAMPUS VERACRUZ, PREPARADO A TRAVÉS DEL APRENDIZAJE COLABORATIVO

Data de submissão: 22/01/2024
Data de aceite: 01/02/2024

Miguel Ángel Quiroz García
Doctor en Ciencias Pedagógicas
Institución: Tecnológico Nacional de México (TECNM) - campus Veracruz
Dirección: Av. Miguel Ángel de Quevedo 2779, Formando Hogar, 91897 Veracruz, Ver.
http://orcid.org/0000-0001-5570-7444X

Maricarmen Arana Altamirano
Licenciado en Ingeniería Electrónica
Institución: Tecnológico Nacional de México (TECNM) - campus Veracruz
Dirección: Av. Miguel Angel de Quevedo, 2779, Formando Hogar, 91897 Veracruz, Ver., México

Alma Genoveva Castro Valdès
Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecánica
Institución: Tecnológico Nacional de México (TECNM) - campus Veracruz
Dirección: Av. Miguel Angel de Quevedo 2779, Formando Hogar, 91897 Veracruz, México

Alejandro Zavaleta Bordonave
Institución Tecnológico Nacional de México (TECNM) - campus Veracruz
Doctorado en educación

Jennifer Linnea Gutiérrez León
Graduado en Ingeniería Industrial
Institución Tecnológico Nacional de México (TECNM) - campus Veracruz
Dirección: Av. Miguel Ángel de Quevedo 2779, Formando Hogar, 91897 Veracruz, Ver

RESUMEN. -Comprender lo que es un proyecto educativo implica identificar un problema, sus causas y consecuencias y a partir de ello planear un proceso para alcanzar el objetivo que lo solucione total o parcialmente. Este proceso implica desde la selección del problema, su tratamiento y la presentación del informe de resultados: concepción, planeamiento, formulación de acciones, implementación y evaluación. El aprendizaje colaborativo es la instancia de aprendizaje que se concreta mediante la participación de dos o más individuos en la búsqueda de información, o en la exploración tendiente a lograr una mejor comprensión o entendimiento compartido de un concepto, problema o situación. (scagnoli, 2005). Es así que en la materia de Electricidad y Electrónica Industrial que se imparte en la carrera de Ingeniería Industrial se ha utilizado todo lo referente al

ámbito del aprendizaje colaborativo, para que todos los alumnos del grupo elaboraran el libro de texto del módulo, cumpliendo con el programa oficial de la carrera aprobado por el Tecnológico Nacional de México. En este orden de ideas, leidner y jarvenpaa (1995), señalan que el aprendizaje colaborativo, además de ayudar a desarrollar el pensamiento crítico en los estudiantes, también contribuye a mejorar las relaciones interpersonales, pues implica que cada uno de los miembros aprenda a escuchar, discernir y comunicar sus ideas u opiniones a los otros con un enfoque positivo y constructivista. Por otra parte, barab, thomas y merrill (2001), se refieren al aprendizaje colaborativo, como la construcción de significado que resulta de compartir experiencias personales. Estos autores insisten que los entornos virtuales ayudan a los modelos educativos a ser más participativos, y amplían las oportunidades de investigación, comunicación y distribución del conocimiento.
PALABRAS CLAVE: proceso de - aprendizaje colaborativo, dinamización, modelo didáctico, tareas docentes.

ELECTRICITY AND INDUSTRIAL ELECTRONICS; MODULE OF THE INDUSTRIAL ENGINEERING DEGREE AT TECNM, VERACRUZ CAMPUS, PREPARED THROUGH COLLABORATIVE LEARNING

ABSTRACT: Understanding what an educational project is implies identifying a problem, its causes and consequences and, based on this, planning a process to achieve the objective that totally or partially solves it. This process involves from the selection of the problem, its treatment and the presentation of the results report: conception, planning, formulation of actions, implementation and evaluation. Collaborative learning is the instance of learning that takes place through the participation of two or more individuals in the search for information, or in the exploration aimed at achieving a better understanding or shared understanding of a concept, problem or situation. (Scagnoli, 2005). Thus, in the field of Electricity and Industrial Electronics that is taught in the Industrial Engineering career, everything related to the field of collaborative learning has been used, so that all the students in the group elaborated the textbook for the module, complying with the Official program of the career approved by the National Technological Institute of Mexico. In this order of ideas, Leidner and Jarvenpaa (1995) point out that collaborative learning, in addition to helping to develop critical thinking in students, also contributes to improving interpersonal relationships, since it implies that each member learns to listen. , discern and communicate their ideas or opinions to others with a positive and constructivist approach. On the other hand, Barab, Thomas and Merrill (2001) refer to collaborative learning, as the construction of meaning that results from sharing personal experiences. These authors insist that virtual environments help educational models to be more participatory, and expand opportunities for research, communication, and distribution of knowledge.
KEYWORDS: process of -collaborative learning, dynamization, didactic model, teaching tasks.

1 I INTRODUCCIÓN

La Educación universitaria promueve una de las transformaciones educacionales más sobresalientes, así mismo constituye una vía para ampliar el campo de conocimientos

de todos los jóvenes que ingresan a ella.

El aprendizaje es "... la parte esencial dentro de este proceso dialéctico de apropiación de los contenidos y las formas de conocer, en el campo de planeación educativa, ha predominado la idea de modificaciones en los planes y programas de estudio para el mejor aprovechamiento, y de esta manera abordar algunos problemas que se llegaran a dar en el sistema, en este proceso van bien involucrados los educandos, educadores, la teoría pedagógica y práctica docente y obviamente una estructura organizativa. La dinamización del proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias se considera como un enfoque integral y sistémico del proceso, relacionado con el funcionamiento de los componentes dinámicos: métodos, formas, medios y evaluación, que potencia el aprendizaje autónomo y autorregulado y propicia una mayor calidad de este, atendiendo las particularidades individuales del alumno y su contexto de actuación. El modelo didáctico que se presenta incluye los principios y las vías para estructurar y desarrollar el proceso.

En el semestre Enero - junio 20215 se ha utilizado una metodología en la cual se programó lo siguiente:

- Un manual de apuntes del Módulo de Electricidad y electrónica industrial
- El desarrollo de cada unidad temática en PowerPoint
- Un C.D. con el material del manual.

Y cómo punto esencial propiciar, en el estudiante, el desarrollo de actividades intelectuales de inducción-deducción y análisis-síntesis, las cuales lo encaminan hacia la investigación, la aplicación de conocimientos y la solución de problemas a través de esta metodología que se repartió de tal forma que cada uno de los estudiantes pudiera aprovechar cada uno de los conocimientos el esquema de esta se mencionará más adelante en el transcurso del artículo.

2 I DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

El módulo de Electricidad y Electrónica Industrial corresponde al núcleo de formación profesional, es de tipo específico y se imparte en el segundo semestre de la carrera de nivel superior de Ingeniería Industrial. Tiene como finalidad, que el alumno aplique los conocimientos y habilidades asociados a la Electricidad y Electrónica, identifique la función tanto de los conocimientos científicos, comprender los elementos básicos de la electricidad y electrónica básica, como el funcionamiento y aplicación de motores y transformadores así como su campo de aplicación en la industria, dentro de los parámetros establecidos cumpliendo con las competencias genéricas y disciplinares, así como con los contenidos específicos del módulo

Figura 1.- Habilidades interpersonales en el aprendizaje colaborativo

El programa del Módulo de Electricidad y Electrónica se encuentra descrito en la figura 2, en el que se observan los temas a desarrollar a través de la estrategia didáctica, así como las competencias a suplir en el estudiante.

3 I SECUENCIA DIDÁCTICA

En el módulo de Electricidad y Electrónica industrial, se relaciona con el conocimiento de algún fundamento científico de algunas materias de especialidad o de la rama de la especialidad, para darle una mejor aplicación al desarrollo de diseños en ingeniería Industrial.

La alternativa didáctica, consiste en elaborar una antología con las prácticas realizadas en clase, así como la elaboración de trabajos que ayuda al alumno a comprender el desarrollo de las unidades del programa de esta asignatura.

Para que el aprendizaje de los alumnos sea más eficaz, cada equipo trabajó con las 4 unidades que señala el plan de estudios.

3.1 DATOS DE LA ASIGNATURA

Nombre de la asignatura:	**Electricidad y Electrónica Industrial**
Clave de la asignatura:	**INC-1009**
SATCA[1]:	**2-2-4**
Carrera:	**Ingeniería Industrial**

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Fundamentos de la electricidad industrial	1.1. Introducción a la electricidad 1.2. Conceptos de magnitudes eléctricas 1.3. Leyes de Ohm, Kirchoff, Lenz, Faraday y Watt 1.4. Concepto de corriente continua y corriente alterna 1.4.1. Circuitos serie, paralelo, mixtos 1.5. Mediciones eléctricas. 1.6. Interpretación de diagramas eléctricos.
2	Motores, transformadores y dispositivos de control	2.1. Generación sustentable de energía eléctrica. 2.2. Motores de corriente directa y alterna. 2.3. Transformadores monofásico y trifásico. 2.4. Instalaciones eléctricas industriales. 2.5. Normas Oficiales Mexicanas. 2.6. Elementos eléctricos de control industrial. 2.6.1. Relevadores. 2.6.2. Solenoides. 2.6.3. Interruptores automáticos.
3	Electrónica industrial	3.1. Introducción a la electrónica industrial analógica y digital. 3.2. Elementos básicos de electrónica analógica. 3.2.1. Diodos. 3.2.2. Transistores. 3.2.3. SCR y TRIAC. 3.2.4. Dispositivos optoelectrónicos. 3.3. Elementos básicos de electrónica digital. 3.3.1. Compuertas lógicas. 3.3.2. Tablas de verdad. 3.3.3. Temporizadores. 3.3.4. Contadores. 3.3.5. Sumadores.
4	Campo de aplicación de la electricidad y electrónica industrial	4.1. Sensores y transductores eléctricos. 4.2. Conceptos de electroneumática y simbología. 4.3. Funcionamiento y características principales del PLC. 4.4. Programación básica del PLC. 4.5. Proyecto de electricidad y electrónica industrial.

Fig.2 Plan de estudios de la asignatura “Electricidad y Electrónica Industrial” UNIDAD

3.2 COMPETENCIAS POR DESARROLLAR

Plantea y resuelve problemas que requieren del concepto de función de una variable para modelar un problema.

Aplica los principios de la electricidad y electrónica industrial para integrar sistemas productivos y establecer programas adecuados de mantenimiento industrial.

Cada uno de los equipos realizó un trabajo en Word y PowerPoint de las unidades y al final se dio una exposición en clase (La organización de los equipos se muestra en la Fig.3

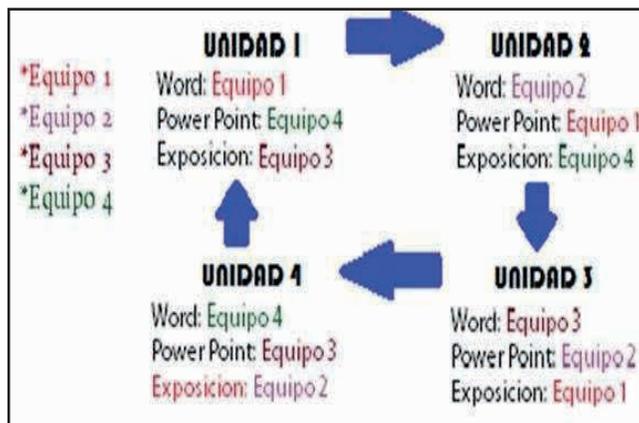



Fig. 3. Diagrama de distribución de actividades.

Técnicas: Enseñanza apoyada en la realización de prácticas de laboratorio, Investigación por equipos, interacción del tema por equipos de 5 estudiantes, recopilación y formato en una sola edición. El grupo de la asignatura electricidad y electrónica industrial, consta de 20 alumnos, por tal motivo se formaron 4 equipos con 5 alumnos a los cuales se les designaron los subtemas a investigar para cumplir con el propósito de la estrategia que conlleva la elaboración de una antología.

Actividades por realizar:

- Elaboración de las secciones que integraran la antología, como lo son índice, introducción, bibliografia y conclusiones
- Compilación de información a través de internet, libros sobre electricidad y electrónica, así como estudios de campo.
- Demostración de los resultados de cada tema mediante una exposición ante el grupo.
- Después de haber recabado la información se procederá a realizar el objetivo principal de las competencias en esta asignatura que es la elaboración de la antología.
- Exposición del resultado.

4 I FORMACIÓN Y DESARROLLO DE COMPETENCIAS

En este proceso se garantizará que el alumno obtenga las herramientas adecuadas para un óptimo desempeño en todos los aspectos requeridos tanto en su formación

profesional como en todo aspecto donde pueda aplicar los conocimientos brindados, tomando un papel idóneo así como obtener una correcta ética.

Las investigaciones realizadas por los alumnos deben de lograr la obtención de información veraz no olvidando anotar la fuente de la que se realizó esta.

A continuación, se procederá con la revisión por parte del docente para así proseguir con la obtención de ideas principales y después mostrarlas a los demás equipos.

Después de esto se procederá a la construcción en base a las ideas principales para después proceder a la exposición.

5 I RECURSOS DIDÁCTICOS

En esta materia, para lograr los objetivos del programa, los recursos didácticos indispensables para la realización de este serán: Internet, software (programas de computadora) para la realización de actividades en la demostración y obtención de datos como Word, Excel o PowerPoint, así como, algún dispositivo de almacenamiento como USB, Computadora, proyector, correo electrónico, redes sociales.

La Investigación documental, electrónica, así como el trabajo de campo; proporciona al alumno la información necesaria mediante el uso de medios bibliográficos y electrónicos y promoviendo la investigación, así como al mismo tiempo respaldar lo que se está presentando.

Análisis de información; cuando el alumno va a realizar la investigación, realiza al mismo tiempo una recaudación de información correcta y asertiva que sea respaldada por fuentes auténticas, eliminando así cualquier mal información.

Subrayado y localización de ideas principales; mediante este recurso el alumno podrá identificar las ideas principales, material sobrante o alguna repetición de temas.

Trabajo de equipos; la estrategia de trabajo en equipo promueve la armonía, así como aprender a guiar, organizar y distribuir tareas entre sus miembros, así como también una correcta y buena comunicación para el logro de objetivos.

Exposición, Conferencia; ayuda a los estudiantes a una mejor comprensión del tema, así como obtener una adecuada expresión oral para poder comunicar adecuadamente lo aprendido.

Análisis de textos; proceso esencial para la selección de la información adecuada y con la cual se demostrará el tema, así como lo que se expondrá ante el grupo.

Las evidencias que tiene que hacer el estudiante para la solución de este problema son:

- Material investigado de cada subtema de la asignatura.
- Material escogido de la bibliografia seleccionada para el manual.
- Referencias bibliográficas seleccionadas, internet y manuales técnicos de los equipos descritos.

- Exposición del tema asignado en PowerPoint, ya que cada equipo, deberá de compartir el material investigado con los otros equipos.
- Se brinda o entrega el material al equipo que realiza la recapitulación final, de esta manera todos cuentan con el material completo de cada subtema.
- Mostrar en la computadora la información y la gráfica para que el maestro compruebe la elaboración de la unidad que le fue asignada y que siga los requisitos correctos para la elaboración de este.
- Una vez avalado por el docente se prosigue a la impresión.

6 | COMENTARIOS FINALES

A lo largo de este curso escolar de la materia de "Eléctrica y Electrónica" en la carrera de Ingeniería Industrial donde se planteó una dinámica de manera más didáctica, con la intensión de que uno como alumno se involucre de una manera más concreta y profunda todo acerca de los temas de la materia mencionada antes de tal manera que podamos comprender.

7 | RESUMEN DE RESULTADOS

Con la alternativa propuesta y desarrollada en este epígrafe, se cumple con las "Implicaciones didácticas para la formación y desarrollo de competencias" editada en el documento de trabajo - Guía para la instrumentación didáctica de los programas de estudio para la formación y desarrollo de competencias profesionales - en diciembre 2009 por la DIRECCIÓN DE DOCENCIA de la DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR TECNOLÓGICA.

Basándose en el artículo mencionado, se plantío la siguiente estrategia didáctica, esta a su vez lograra fortalecer, reforzar y lograr que la información utilizada sea más clara y concisa, en la defensa de sus resultados: "DIDÁCTICA PLANTEADA"

1.- El docente actúa como gestor del proceso, al estar verificando esta investigación; (En esta parte hay que aclarar que este aspecto solo cubre el proyecto prácticas) También el Tutor o Docente "Maestro" Logro plantear un modelo de aprendizaje más complejo.

2.-Consiste en formar equipos de trabajo (forjando así un ambiente de trabajo en conjunto) Dándoles como objetivo o mejor dicho como tema de investigación una unidad entera (de la materia en curso).

3.-Se pretende utilizar la investigación como estrategia para la construcción de aprendizaje. En base al programa del módulo, se asignan los temas a los 4 equipos del grupo de 20 alumnos, iniciando el proceso de investigación minuciosamente, para decidir qué tipo de información sirve, es compleja o simplemente no es necesaria para la elaboración del material didáctico.

4.- Logrado ya el cometido de la extensa pero concreta investigación, es hora de plantear toda esa información en un documento escrito utilizando el programa de oficina "Word" (Aquí se desarrolla una habilidad de manejo de documentos)

5.- Teniendo el documento ya elaborado y en condiciones correctas (examinado a la perfección) Se intercambiará con el equipo sucesor Ejemplo; el documento del equipo uno pasará a manos del equipo 2 Y la información de este al siguiente y así hasta llegar al equipo 4.

6.-El tercer nivel de este elaborado programa didáctico, Ahora los equipos con esta nueva información tendrán que elaborar un nuevo documento en un formato de presentación ("PowerPoint") El cual tendrá el mismo proceso de intercambio ya antes ejecutado entre los equipos (equipo uno recibe la presentación del quipo 4 y envía su presentación al equipo 2 el cual manda su trabajo al equipo 3 y así hasta terminar el ciclo).

7.- Los equipos estudiaran las presentaciones de sus compañeros y las presentaran como si ellos las hubiesen hecho. Aquí es donde la estrategia planteada desde el inicio comienza a cosechar frutos. Todo ese cambio de información hace que cada miembro de los 4 Equipos allá manejado 3 de las cuatro unidades del programa.

8.- Ejercitan el desarrollo de pensamiento relacional y sistémico. Más que datos e información descontextualizada, establecen relaciones. Al tratar de cumplir con cada tópico establecido en el programa, se ejercita el desarrollo del pensamiento, relacionando las diversas referencias bibliográficas y tomando decisiones del material a utilizar dentro de la gran amplitud de información que se encuentra en las TIC. El ultimo nivel consistirá en la comprensión de la única unidad que no se manejó (cada equipo una diferente) puesto que al ver la presentación expuesta por sus compañeros lograra tener el conocimiento de cada unidad del programa ya marcado, Esto solo se lograra siguiendo El Algoritmo ya planteado.

9.- Gracias a Programa Didáctico Se ejercitarán valores para la convivencia Cada uno de los 4 grupos, realizan diferentes estilos de trabajo; es decir alguno del equipo 2 tiene internet en su casa y ahí se reúnen, y así conviven, el equipo 5 se reúne en una biblioteca, etc.

9.- Promueve la creatividad ya que se deja al equipo la organización del trabajo.

10.- Ejercita la autonomía Cuando dentro del equipo se distribuyen las actividades de acuerdo con sus posibilidades, temas a tratar, lugar de residencia y otros atributos.

8 I CONCLUSIONES

El presente artículo tuvo como propósito argumentar la necesidad de desarrollar las competencias docentes y la implicación de un perfil docente basado en competencias.

En general está organizado de la siguiente manera: una introducción al tema, un desarrollo que en el primer apartado presenta el problema de estudio partiendo de la

enseñanza tradicional, propósitos y pregunta, para continuar con los referentes empíricos, lo observado en la práctica docente, para continuar con el marco teórico analizando diferentes autores y sus propuestas de competencias docentes así como los documentos normativos para México, seguido de la metodología y la presentación del nuevo perfil docente y finalmente la conclusión presentando una propuesta.

La Tesis central es que los docentes deben desarrollar competencias las docentes marcadas por la SEP (2010) para mejorar su desempeño y se vea reflejado un perfil basado en competencias.

El docente debe ser capaz de planificar lo que va a ser enseñado y evaluado, así como seleccionar y diseñar estrategias de enseñanza, actividades para todos los tipos de aprendizaje y utilizar diferentes materiales, que promuevan el pensamiento crítico y científico; demostrando sus competencias docentes en el desempeño en el aula he aquí cuándo podemos hacer inferencia a los diversos planes de estudió que se vinieron aplicando con anterioridad y en los cuáles se pueden hacer algunos tipos de comparaciones con los sistemas educativos aplicado en México:

Actualmente estamos aplicando el plan por competencias anterior a esté era plan en liquidación haremos esta pequeña comparación de ambos sistemas educativos basado en LA ENSEÑANZA DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y PERCEPCIÓN REMOTA EN EL SISTEMA NACIONAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR TECNOLÓGICA, UNA REVISIÓN A SUS PROGRAMAS DE ESTUDIO.

Se analizan los planes y programas de estudio de las carreras del Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos relacionados con el espacio, se visitó la página electrónica de la Dirección General del Educación Superior Tecnológica. Revisando la oferta educativa, planes y programas de estudio, retícula de asignaturas y temas.

Encontrando que 13 carreras se relacionan con el espacio, se analizan 9 retículas de asignaturas, con un total de 53 unidades, incluyendo 29 horas teoría y 34 horas practica que reparten semestralmente 61 créditos. El 31% de las 41 carreras analizadas presenta al menos una unidad relacionada con la temática, además de existir un aumento de116.6 % en la presencia de asignaturas entre diferentes planes de estudio, los resultados denotan un crecimiento que es necesario medir en los egresados de las carreras analizadas.

La distribución de las carreras por plan de estudio es: Planes 2004-2007 en liquidación presenta 30 carreras, (24 ingenierías y 6 Licenciaturas), mientras que el Plan 2009-2010 por competencias profesionales presenta 41 Carreras, (35 ingenierías y 6 licenciaturas)

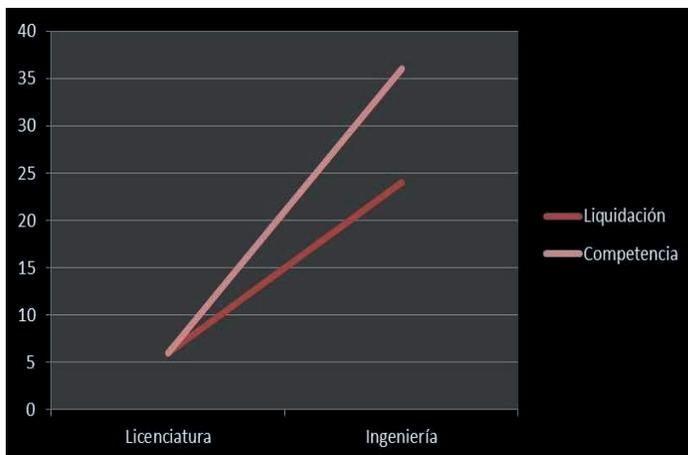



Fig. 4. Estadística entre plan liquidación y plan competencia.

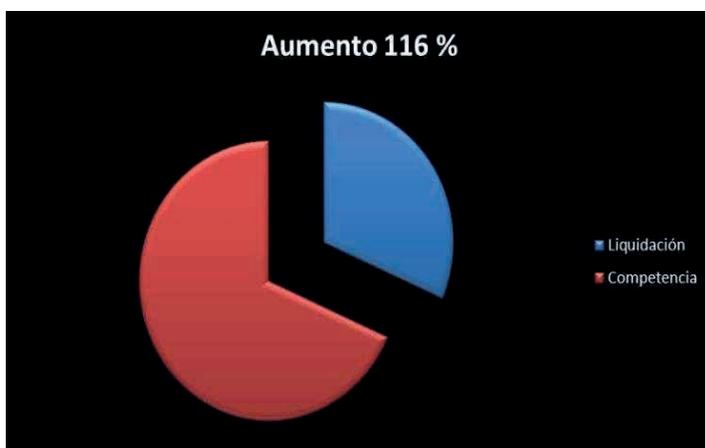



Fig. 5. Grafica de pastel contiene plan liquidación y plan competencia.

Al comparar ambos planes de estudio se encontró que tiene 6 y 13 asignaturas respectivamente, esto implica un aumento 116.6 % de un plan a otro.

9 I RECOMENDACIONES

En el marco docente actual, los profesores siguen utilizando los métodos tradicionales como las clases teóricas y las evaluaciones escritas; aún se sigue presentando un Perfil Docente Tradicional que ordena memorizar conceptos, es impositivo, enseña procesos de forma mecánica, no promueve la reflexión, no realimenta el desempeño estudiantil, no desarrolla el pensamiento crítico, el Alumno sólo recibe indicaciones, no tiene iniciativa, no participa, no utiliza la imaginación y por lo tanto no tiene un pensamiento crítico ni reflexivo; todo esto con base en la observación del trabajo de los profesores observados.

Es conveniente que los profesores consideren que con la Reforma Integral de

educación Básica RIEB; se requiere un nuevo Rol Docente, que implica poner en práctica las competencias profesionales, pues es el primer paso para lograr un cambio de paradigma educativo; si los docentes no desarrollan sus competencias y mucho menos las ponen en práctica

- ¿cómo podrán desarrollar las competencias para la vida en sus estudiantes?
- ¿Cómo adquirir un rol docente que proporcione a los estudiantes una educación de calidad?
- ¿Qué hacer para cambiar un paradigma educativo?
- ¿Qué hacer con la resistencia al cambio?

Estos cuestionamientos me llevan a la reflexión que es importante la comunicación, los profesores en la actualidad se están enfrentando a un reto con sus estudiantes, un mundo globalizado que exige actualización, compromiso, que el trabajo del profesor esté debidamente organizado, que se realice por los alumnos bajo la dirección del profesor, como líder.

REFERENCIAS

1._ Stephen J. Chapman. Máquinas Eléctricas (3a. Edición). McGraw Hill. 2·- SERWAY. Electricidad y Magnetismo. Me Graw Hill (3a Edición).

3-Gilberto Enríquez Harper. Manual de Aplicación del Reglamento de Instalaciones Eléctricas. LIMUSA S. A. de C. V.

4·-Robert L. Boylestad, Análisis Introductorio de Circuitos. (8va. Edición). Prentice Hall

5·- lrving L. Kosow. Máquinas Eléctricas y Transfonnadores. Reverte Ediciones S. A. de C. V.

6- William D. Cooper, Albert D. Helfrick Instrumentación Electrónica moderna y técnicas de medición. Prentice Hall.

7·- Pedro Avelino Pérez. Transformadores de Distribución. Teoría, cálculo, construcción y pruebas. Editorial Reverté S. A.

8-Donald V. Richarson, Arthur J. Caisse Jr. Máquinas Eléctricas Rotativas y Transformadores. (4ta. Edición). Prentice Hall.

9·- Andrés M. Karcz Fundamentos de Metrología Eléctrica. Tomo l, II y III. Alfaomega - Marcombo.

10 -E. Fitzgeral, Charles Kingsley Jr., Stephe D. Vmang. Máquinas Eléctricas (5a. Edición). Me Grall Hill.

11-Electrónica industrial moderna - Timothy J. Maloney - 5ta Edición.

12·-Electricidad Industrial (2ª edición) Dawes, Chester L. Editorial Reverte, 1966.

DENIS MEDINA GUEDES - Engenheiro Agrícola e Ambiental formado pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), com mestrado em Engenharia Agrícola na área de mecanização agrícola pela mesma instituição. Possui experiência no desenvolvimento de equipamentos agrícolas, como secadores, fornalhas e transportadores, tendo atuado no mercado de trabalho como supervisor de projetos em uma indústria de Máquinas e equipamentos agrícolas. Também atuou como professor substituto na UFV Campus de Florestal e como professor efetivo e coordenador do curso de Tecnologia em Gestão Ambiental no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Mato Grosso campus Sorriso. Atualmente é professor efetivo na UFV campus Florestal, onde já coordenou os cursos de Agronomia e Técnico em Agropecuária. Atua principalmente nas áreas de topografia e geoprocessamento, agricultura de precisão e secagem e armazenagem de produtos agrícolas.

LEONARDO FRANÇA DA SILVA - Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal De Minas. Mestre em Agronomia pela Mestre em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista -UNESP. Atualmente, é pesquisador de Doutorado em Engenharia Agrícola (Construções Rurais e Ambiência) pela Universidade Federal de Viçosa e membro colaborador do Núcleo de Pesquisa em Ambiência e Engenharia de Sistemas Agroindustriais - AMBIAGRO- UFV. Além de ser aluno de pós graduação lato sensu em Engenharia de Segurança do Trabalho, Engenharia de Produção. Possui experiência nas áreas de Engenharia agrícola, com ênfase em Engenharia de Construções Rurais, Desenvolvimento rural, Sustentabilidade em sistemas de produção (Agrícola / Animal), Segurança do trabalho e Ergonomia.

VICTOR CRESPO DE OLIVEIRA - Engenheiro Agrícola pela Universidade Federal de Lavras, especialista em Análise de Dados, mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa. Atualmente é pesquisador de doutorado em Engenharia Agrícola na Universidade Estadual Paulista (UNESP), atuando na integração de novas tecnologias da informação no campo. Possuí experiência internacional no desenvolvimento de projetos científicos e atua diretamente no desenvolvimento de pesquisas na área de Construções Rurais e Ambiência e Uso de Inteligência Artificial na Agricultura.

A

B

C

D

E

I

M

O

P

R

S

T

INGENIERÍA:

Innovación, ciencia y tecnología 4

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

@atenaeditora

www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena Editora

Ano 2024

INGENIERÍA:

Innovación, ciencia y tecnología 4

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

@atenaeditora

www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena Editora

Ano 2024